

تاریخ صنعت و اختراع

جلد دوم

مراحل نخستین ماشینیسم

به کوشش

موریس دوما و گروهی از کارشناسان

مقدمه از: موریس دوما

ترجمه عبدالله ارگانی

تاریخ صنعت و اختراع

تاریخ صنعت و اختراع

جلد دوم

مراحل نخستین ماشینیسم

به کوشش
موریس دوما و گروهی از کارشناسان

مقدمه از: موریس دوما
ترجمهٔ عبدالله ارگانی

مؤسسه انتشارات امیرکبیر
تهران، ۱۳۷۸

دوما، موریس، ویراستار

Dumas, Maurice

تاریخ صنعت و اختراع / اثر گروهی کارشناسان؛ ویراستار موریس دوما؛ ترجمه عبدالله ارگانی. ــ تهران: امیرکبیر، ۱۳۶۲ ـ ۱۳۷۸.

۵ ج.: مصور، عکس.

۱۴۰۰۰۰ ریال (دورهٔ ۵ جلدی).

ISBN 964-00-0107-4 (دوره ۵ جلدی).

ISBN 964-00-0427-8 (ج. ۱) .ـ ISBN 964-00-0428-6 (ج. ۲) .ـ ISBN 964-00-0429-4 (ج. ۳).

ISBN 964-00-0430-8 (ج. ۴) .ـ ISBN 964-00-0431-6 (ج. ۵)

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

عنوان اصلی: History generale des techniques = A history of technology & invention ...

کتابنامه.

مندرجات: ج. ۱. مبانی تمدن صنعتی. ــ ج. ۲. مراحل نخستین ماشینیسم. ــ ج. ۳. پیشرفت ماشینیسم. ــ ج. ۴. تکنیکهای تمدن صنعتی: انرژی و مواد. ــ ج. ۵. تکنیکهای تمدن صنعتی: تغییر شکل ارتباطات عامل انسانی.

ج. ۱ (چاپ دوم: ۱۳۷۸)؛ ج. ۲، ۳، ۴، ۵ (چاپ اول: ۱۳۷۸).

۱. تکنولوژی ــ تاریخ. ۲. صنعت ــ تاریخ. ۳. اختراعات ــ تاریخ. الف. ارگانی، عبدالله، ۱۳۰۲ ـ ، مترجم. ب. عنوان.

T ۱۵ / د ۹ ت ۲ ۶۰۹

۱۳۶۲

کتابخانه ملی ایران م۶۴-۳۱۰۲

تاریخ صنعت و اختراع (جلددوم)

به‌کوشش موریس دوما و گروهی از کارشناسان

مقدمه از: موریس دوما

ترجمهٔ عبدالله ارگانی

چاپ اول: ۱۳۷۸

آماده سازی: واحد تولید امیرکبیر

چاپ و صحافی: چاپخانهٔ سپهر، تهران

تیراژ: ۱۵۰۰ نسخه

ISBN 964-00-0107-4 (5vol.set) ISBN 964-00-0428-6 (vol.2)

شابک ۶-۰۴۲۸-۰۰-۹۶۴ (جلددوم) شابک ۴-۰۱۰۷-۰۰-۹۶۴ (دورهٔ ۵ جلدی)

مؤسسه انتشارات امیرکبیر تهران، خیابان بهارستان پلاک ۴۸۹

فهرست

درآمد

ـ در این جلد از «تاریخ عمومی تکنیک»، دوره‌ای را بررسی می‌کنیم که از لحاظ تکنیک بسیار ناآشناست و گستره زمانی بین نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم تا سی سال نخست سدهٔ هجدهم را می‌پوشاند. چنانچه بپذیریم که یادداشتهای لئوناردو داوینچی و رساله‌های اوایل سدهٔ شانزدهم، که از آن میان، رسالهٔ آگریکولا[1] بسیار مورد توجه قرار گرفته است، حاوی شرح ممتعی از وسایلی است که در دسترس صنعتگران دورهٔ رنسانس بوده است، چنین می‌نماید که پیشرفت تکنیک تا این دوره ـ آغاز انقلاب صنعتی ـ، ناچیز و کم اهمیت است.

این نحوهٔ برخورد به تحولات صنعت در این دو سده (از میانهٔ سدهٔ شانزدهم تا میانهٔ سدهٔ هجدهم)، خطایی را موجب شد، که ما در مجلد حاضر در برطرف ساختن آن می‌کوشیم. این دورهٔ طولانی که از نظر دگرگونیهای عظیم تاریخی در هر زمینه شهرت دارد، نمی‌تواند به‌پذیرفتن وسایل تولید، تبدیل و ساختمانهایی که از قرون وسطی و از رنسانس بجامانده است، بسنده کند. چنانچه این دوره را با کمی دقت مورد مطالعه قرار دهیم، متوجه می‌شویم که دستاوردهای فنی آن، که کاملاً قابل توجه می‌باشند، از خصیصهٔ کاملاً ویژه‌ای برخوردارند که نظیر آن در هیچ دوره‌ای از تاریخ تمدن دیده نشده است. چنین

---

۱. Georg Agricola (۱۴۹۵ـ۱۵۵۵) فیزیکدان آلمانی که در طبقه‌بندی علمی کانیها پیشگام بود. کتاب او به‌نام درمتالیکا در ۱۵۵۶ چاپ شد.

می‌نماید که این دوره را می‌توان نوعی دوره انتقالی بنیادی نامید بشرطی‌که منظور از دورهٔ انتقالی، برهه‌هایی از زمان که در آن نتوان بر روی هیچ واقعهٔ مهمی انگشت گذاشت، نباشد.

آری، ما که در صددیم تا منظرهٔ دقیقی از این دوره به دست دهیم، پیشرفت تکنیک را در این دوره نمی‌توانیم ناچیز بیانگاریم، بلکه باید بپذیریم که در این برهه از زمان در نحوهٔ تکامل تکنولوژی دگرگونیهای ژرفی پدید آمده است، که بدون فهم این دگرگونیها، تصور درستی از این تاریخ نمی‌توان به‌دست آورد.

آهنگ پیشرفت

نخست باید گفت در این دوره است که برای نخستین بار در تاریخ صنعت، آهنگ پیشرفت تکنولوژی تند می‌شود. درست است که با پیدایش تمدن، این آهنگ همواره شتاب داشته است، لیکن برای مورخی که سالشمار دقیقی در اختیار ندارد، اثبات این واقعیت دشوار است. برای مراحل متحول بزرگ طلایه‌دار این دوره، تاریخهای حتی کمی دقیق هم نمی‌توان تعیین کرد. واحد زمان که نخست هزارگان بود به صدگان تقلیل می‌یابد؛ در پایان دورهٔ قرون وسطی در غرب نخست، ما قرن به قرن گام برمی‌داریم، اما بزودی ناچاریم که پیمانهٔ زمان را به ۵۰ و سرانجام تا ۲۵ سال کاهش دهیم. بدین طریق مثلاً ما می‌توانیم تاریخهایی برای زمان پیدایش سلاحهای آتشین، ساعتهای مکانیکی، دستگاههای خراطی رکابی و صنعت چاپ و ... تعیین کنیم. در بخش دوم این مجلد، پیشرفت صنایع؛ در پیمانه‌های ده ساله سنجیده می‌شوند؛ تاریخ بعضی از اختراعات آن دوره، همچون وسایل دقیق نوری و ماشین بخار، تقریباً بدون دردسر معین می‌باشند.

تحول جغرافیایی

پیشرفت تکنیک تنها با شتاب گرفتن آهنگ آن مشخص نمی‌شود، بلکه دربارهٔ جابه‌جا شدن جغرافیایی آن نیز می‌توان گفت‌وگو کرد. این جنبهٔ تحقیق نیز مانند خصیصهٔ پیشین در سه سدهٔ مورد بحث این مجلد شگفتی‌آور است. تأثیر جابه‌جا شدن منطقهٔ جغرافیایی در پیشرفت تکنولوژی پدیدهٔ تازه‌ای نیست. به خاطر داریم که آسیای میانه، بین‌النهرین و مصر از یک‌سو و خاور دور از سوی دیگر سرزمینهایی بوده‌اند که نخستین مراحل آفرینندگی، که بشر را توانا ساخت بر محیط زندگانی خود تسلط یابد و برای بهبود شرایط زندگی خود دست به اصلاح آن بزند، در آنجاها شکوفه کردند. اروپای جنوب شرقی، آسیای صغیر و بتدریج منطقه‌ای از مدیترانه بنوبهٔ خود میدان پیشرفت عناصر

تقریباً کمال‌یافتهٔ همان تمدن صنعتی بوده‌اند که سرانجام قارهٔ اروپا، یعنی منطقه‌ای که طی هزارهٔ نخست مسیحیت در نوآوری نقش خاصی نداشته است، را به‌آهستگی در خود گرفت.

طی این هزاره، تکنولوژی به تکامل خود در خاور دور و بویژه چین ادامه داده است. در این بخش از جهان ما شاهد نوعی موج برگشت هستیم، زیرا کشورهای بزرگ آسیای مرکزی و جنوبی دیگر از پیشرفت بازمانده بودند. اما در همان حال که مردمان این کشورها به سنن پیش از خود چسبیده بودند، تکنولوژی در شکوفایی تمدن چین، شرکت فعال داشته است.

با اینکه این دو قطب جغرافیایی نوآوری تکنیک را، مناطق وسیعی که از این‌لحاظ بایر بودند، از یکدیگر جدا می‌ساخت اما میان خاور و باختر، مبادلهٔ گسترده‌ای جریان داشت. از سرشت و روند این مبادله اطلاع کاملی نداریم، اما می‌توانیم بگوییم که در پرتو این مبادله، تکنولوژی در هر دو قطب صنعتی به درجه‌ای از پیشرفت رسید که با سطح تعالی آن در پایان سدهٔ چهاردهم یا اوایل سدهٔ پانزدهم برابری می‌کند. این تعادل تا آغاز سدهٔ هفدهم حفظ شد، اما در کمتر از یک سده کفهٔ باختر، که در خود آن منطقه نیز خلاقیت از جنوب به شمال و از شرق به غرب جابه‌جا شده بود، سنگین شد.

بازگشت به اروپای غربی

این امر جلب توجه می‌کند که پیشرفت فنی طی دورهٔ انحطاط دودمان مینگ[1] متوقف شد. چینیها که اختراع باروت به آنها نسبت داده شده است (و احتمالاً انتسابی بجاست)، قادر به ساختن سلاح آتشین نشدند و این گروههای مذهبی ژزویت[2] بودند که برای ارتش چین، که دربرابر حملات منچو دفاع می‌کرد، نخستین لوله‌های توپ را ریخته‌گری کردند، و با وجود اینکه چینیها بودند که اصول ساختن خمیر کاغذ را اختراع کردند، اما در امر چاپ نتوانستند از مرحلهٔ چاپ چوبی پیشتر بروند. همین ادعا را می‌توان برای پیشه‌های مکانیکی، شیمیایی، فلزکاری و تعداد دیگری از فنون، که هرگز از هنرهای دستی تجاوز نکردند، تکرار کرد. کار چاپ، ساختن وسایل دقیق نوری، ماشین بخار و تعدادی اختراع دیگر در همان مراحل اولیه باقی ماندند و زمانی که اروپاییها آنها را وارد چین کردند، برای چینیها ناآشنا نبودند.

علت توقف (اگر نگوییم: انحطاط) پیشرفت تمدن در چین متعدد و پیچیده است و ریشه در ادراکات فلسفی و مذهبی این نژاد، ساختار اجتماعی و تحول جمعیتی و دشواری تدارک خوراک

۱. این دودمان با شکست سلسلهٔ مغولی یوان بر سر کار آمد و از سال ۱۳۶۸ تا ۱۶۴۴ سلطنت داشت.

۲. یسوعیان، فرقهٔ کوچکی از مسیحیان هستند که پیرو مسلک ایگناس دولویولای قدیس می‌باشند.

دارد، و نیز کشمکشهای سیاسی و رزمی مؤثر بوده‌اند. در این دوران نه‌تنها اندیشهٔ اختراع به خواب رفته بود، بلکه امپراطوری نیز، که در سلسلهٔ منچو قدرت خود را بازیافته بود، درهای خود را با نخوت بر روی نفوذهای بیگانه بست و بدین ترتیب نطفه‌های آفرینندگی را که می‌توانست بنوبهٔ خود از غربیان مدد گیرد، سترون کرد.

بدین ترتیب تکنولوژی در چین از تحول و پیشرفت بازماند و عناصر دیگر آن تمدن ـ هنر، ادبیات، علوم و فلسفه و همچنین فعالیتهای اقتصادی و مبارزات اجتماعی ـ نیز سرنوشت دیگری نداشتند و تمام این بلایا ثمرهٔ عصبیتی بود که همهٔ جنبه‌های تمدن را در خود غرق کرده بود.

در همین دوره روح نوآوری و اختراع در باختر اروپا نضج می‌یافت و پیوستگی تاریخی پیشرفت تمدن را تأمین می‌کرد. مراکز تمدن از کشورهای مدیترانه‌ای به کشورهایی منتقل گردید که به اقیانوسها راه داشتند. بشریّت پس از یک دورهٔ مدید آفرینندگی و سازندگی، با شرکت نژادهای گوناگون و کار جمعی آنها، انحصار پیشرفت تکنیکی را آغاز کرد.

بهتر است به‌جای این نظرات جزمی، توضیحات مستدلتری بیان گردد، و شاید بتوان گفت که تغییر راههای اصلی بازرگانی که نتیجهٔ اکتشافات دریایی بود، موجب جابه‌جایی این قدرت خلاقه شده است.

پیامدهای اکتشافات دریایی

گشایش راههای دریایی به‌طرف قارهٔ امریکا و هند در پایان سدهٔ پانزدهم موجب شد که مراکز فعالیتهای بازرگانی جابه‌جا شوند. دسترسی به کمیتهای نوینی از فلزات گرانبها در بازارهای اروپا، سبب شد که گرایش به ثروت‌اندوزی به برکت بهره‌گیری از اشکال تازهٔ بازرگانی جان گیرد. مورخان جدید، این سیاستهای بازرگانی را با نام کلی «مرکانتیلیسم»[1] مشخص می‌سازند. این سیاستها، پیشرفت روشهای تولید را ترغیب کردند و بدین ترتیب روحیهٔ اختراع تشویق گردید و ثمرات خود تکنولوژی به نیازهای جدید پاسخ دادند و شرایط مساعدی برای تکامل آنها پدید آمد.

شرکت کشورهای اروپای باختری در این امر همگی در یک زمان و به‌یک شکل نبود، زیرا مرکانتیلیسم در هر کشور، به‌شکل بخصوصی جلوه کرد. شبه‌جزیره ایبری، نخستین سرزمینی که فلزات گرانبها و مواد خوراکی کشورهای تازه کشف شده به آنجا سرازیر شده بود، نقش صنعتی عمده‌ای ایفا نکرد. انباشت پول و طلا نخستین آماج مرکانتیلیسم آن منطقه گردید و به‌طور بسیار

---

۱. mercantilisme نوعی سیاست اقتصادی که در سدهٔ هفدهم و اوایل سدهٔ هجدهم تقریباً بوسیلهٔ کلیه ملتهای بازرگان تعقیب می‌شد و هدف آن ازدیاد ثروت و قدرت یک ملت بوسیلهٔ تشویق صدور کالا دربرابر ورود طلا بود.

خشن عملی می‌گردید. فلزات گرانبها که بوسیلهٔ کشتیها وارد بندر جزیره می‌شد، انگیزه‌ای برای پیشبرد بازرگانی جهانی و صنعت نبود و خود سبب افزایش ثروت نگردید. منابع خام اسپانیا و بخصوص ثروت معدنی آن ناچیز نبود، و مدتها بخشی از صنعت اروپا را، از همان اواخر امپراتوری روم تغذیه می‌کرد. لیکن شیوه‌های استخراج و تبدیل مواد کانی، از نوآوریهایی، که ثروتهای جدید، پیدایش آنها را میسر می‌ساخت، بهره نگرفتند و در همین رابطه می‌توان گفت که صنعت بافندگی و بویژه پشمبافی چیز تازه‌ای به‌دست نیاورد در حالی که امتیازات بیش از حد دامپروران بر سرزمین اسپانیا، خرابی کشاورزی آن کشور را درپی داشت.

بازرگانی شبه‌جزیره تنها در سدهٔ شانزدهم رونق یافت. در این سده اسپانیا و پرتغال سلطهٔ خود را بر دریاها حفظ کردند اما سدهٔ هفدهم شاهد افول این بازرگانی بود و کار بر مراد دزدان دریایی و بازرگانان هلندی و بریتانیای کبیر می‌گذشت.

فعالیت هلندیها

نقشی که این دو کشور در سدهٔ هفدهم در جهت رشد صنعت ایفا کردند، کاملاً از یکدیگر تفاوت دارد. هلندیها در راههای هند و امریکا بسرعت تمام، رقیب اصلی اسپانیاییها و پرتغالیها شدند. جنبش بازرگانی جهانی که نخست در بندر آنتورپ[۱] و سپس به علت انهدام آن بوسیله سربازان اسپانیا به‌آمستردام انتقال یافت، تصمیم گرفت که صنعت را نه‌تنها در هلند بلکه در آلمان و کشورهای اسکاندیناوی هم رونق بخشد.

کشتیهای هلندی محصولاتی را که از هند و از هند غربی آورده بودند و نیز کالاهای کشور خود را به شمال حمل می‌کردند و در دریای شمال و دریای بالتیک با «کشتیهای هانزا»[۲] که از گذشته‌های دور فراورده‌های محلی و یا کالاهایی را که از جنوب و شرق اروپا آورده شده بود در سرتاسر راههای قاره توزیع می‌کردند، رقابت مؤثری درگرفت. هلندیها در این دوره، راه شمال دور را کشف کردند و توانستند بندر آرخانگلسک را به‌اروپای غربی متصل سازند.

این مؤسسات بزرگ کشتیرانی بر روی یک سازمان بازرگانی که پیوسته قویتر می‌شد و در رأس آن «بانک آمستردام» قرار داشت، تکیه می‌کردند. مواد خام بفراوانی به صنایع اروپا رسانیده می‌شد

---

۱. Antwerp یا آنورس، بندری است در شمال بلژیک.

۲. Hansa اتحادیه‌ای از بازرگانان آلمانی و دانمارکی که انحصار حمل و نقل مواد خام را از شرق به غرب اروپا و نیز فراورده‌های صنعتی را در بسیاری از بنادر اروپا، طی چهار سده از نیمهٔ سدهٔ دوازدهم تا نیمهٔ سدهٔ شانزدهم در دست داشت و در این بنادر از امتیازاتی برخوردار بود.

و حتی مواد جدید، بخصوص کالاهای فلزی از سوئد و آلمان می‌آمد؛ پتاسیم و کالاهای شیمیایی از سیلزی و لهستان، چوب و خز از مناطق مختلف بوسیلهٔ بازرگانان صادر می‌شد.

مرکانتیلیسم هلند که از رقیب اسپانیایی خود زیرکتر و کارآمدتر بود، هدف خود را ثروت‌اندوزی و گردآوری فلزات گرانبها قرار نداد، که در اثر فراوانی از ارزش آن می‌کاست. هلندیها دریافتند که به جریان انداختن این فلزات، ثروت آنها را افزایش می‌دهد و سرمایه‌گذاری، به‌سود فعالیت صنعتی آنهاست. از آنجا که هلندیها منابع خاصی برای تغذیه صنایع خود نداشتند، تنها یک صنعت تبدیل مواد خام برای آنها باقی می‌ماند که آن‌هم بیشتر مربوط به بافندگی، کالاهای شیمیایی و مواد رنگین می‌شد. اما کار بر روی این مواد خام برای هلندیها پیشرفتی به حساب نمی‌آمد. بافت پارچه‌های پشمی در فلاندر در قرون وسطی صنعت شکوفایی بود، این صنعت طی سده‌های شانزدهم و هفدهم در شهرستانهای هلند پیشرفت چشمگیری داشت. در سدهٔ هفدهم مانوفاکتورهای[1] هلندی در قسمت صنایع شیمیایی نوآور بودند. با این همه آنها فاقد سوخت بودند که تنها منبع آن جنگلهای وسیع بود. زغال‌سنگ در آن‌زمان به مقدار کمی استخراج می‌شد، بنابراین هلند نمی‌توانست خود را وقف فلزکاری و شیشه‌گری کند، رشته‌هایی که در آن دوران بریتانیا شدیداً به آن چسبیده بود.

پیشرفت بریتانیا

در این جزیرهٔ بازرگانان، فعالیت مرکانتیل از جهاتی با فعالیت مرکانتیلیسم هلندی شباهت داشت، اما شرایط در انگلستان مساعدتر بود و بازرگانان انگلیسی در پایان سدهٔ هفدهم توانستند سلطهٔ بی چون و چرایی در بازرگانی جهانی به‌دست آورند و در نوآوری تکنیکهای صنعتی، رهبری را به‌دست گیرند. انگلیس، مانند هلند، از موقعیت جغرافیایی خوبی بهره‌مند بود و بنادر آن در بازرگانی بین امریکا و هندوستان از یک‌سو و قاره اروپا و شمال آن از سوی دیگر میانجی بود. وانگهی موقعیت جزیره‌ای آن سبب می‌شد که از کشمکشهای بزرگ بین‌المللی خود را برکنار دارد، گرچه از کشمکشهای داخلی فارغ نبود. در حقیقت انگلستان مقام خود را در سلطهٔ بر دریاها، مقامی که در گذشته از آن هلند بود، مدیون همین کشمکشهای بین‌المللی بود.

این‌واقعیت که انگلستان ذخایر قابل استفادهٔ فراوانی دارد، رشد بازرگانی را برای توسعهٔ صنعتی سودمندتر کرد. وسعت جنگلهای آن‌که در سدهٔ هفدهم هنوز انبوه بود سوخت لازم برای عملیات بر روی کانه‌های آهن، مس، آنتیموان و روی و نیز شیشه‌سازی و بالاخره ریخته‌گری قطعات کشتی را

۱. manufacture، کاردستی، کارگاههای بزرگ صنعتی بودند که کار در آنها اکثراً با دست انجام می‌گرفت و اگر ماشین هم داشتند از آن استفاده می‌کردند.

تأمین می‌کرد. وقتی‌که در نیمهٔ نخست سدهٔ هجدهم کمبود چوب محسوس شد، انگلستان نخستین کشوری بود که برای کوره‌های بلند خود کک تهیه کرد. کانه‌های آهن سوئد بسهولت به‌انگلستان وارد می‌شد و نیز از کشورهای اسکاندیناوی چوب کاج، که بهترین دکلها را از آن می‌ساختند، وارد می‌شد. انگلستان در سدهٔ هفدهم توانست مقدار نیروی کار کشاورزی را کاهش دهد، بدون اینکه این رشته از فعالیت را فدا سازد. پرورش حیواناتی که از پشم آنها استفاده می‌شد با احتیاط تمام، گسترش یافت و نخریسی و پشمبافی پایگاه اصلی صنعت آن شد. بدین‌ترتیب درها بروی رشته‌های دیگر صنعت باز شد و در زمینه‌های دیگر، بویژه متالورژی، تجارب ارزشمندی به‌دست آمد. علاوه بر پشم، پنبه هم که الیاف گیاهی بود و برای اروپا تا حدی تازگی داشت و مستقیماً از مستعمرات امریکایی انگلستان وارد می‌شد، منبع سودهای سرشار در این دوران گردید. در فصول متعددی از این مجلد ما خواهیم دید که چگونه اختراعات صنعتی از این فعالیت مرکانتیلی، که از رقیب هلندی خود کمتر لیبرال می‌نماید، بهره‌مند شده‌اند. هدف تمام این اقدامات سختگیرانه تأمین انحصار مطلق بازرگانی با هند و هند غربی برای بازرگانان و ناوگان انگلیس بود. حوزهٔ عمل «قوانین دریانوردی»[۱] که پشت سرهم ابلاغ می‌شد و نیز مشهورترین آنها، قانون سال ۱۶۵۱[۲] که در دورهٔ کرامول صادر شد، غالباً تذکر داده می‌شود. در انگلستان نیز همچون هلند، ساختار سرمایه‌داری با تأسیس «بانک انگلیس» نضج گرفت و توسعهٔ کارخانه‌داری همراه با سلطهٔ بازرگانی، بر آن تکیه داشت.

ترکیب این شرایط، محیطی مناسب بویژه برای بهره‌گیری از روح صنعتی طبقهٔ متوسط بریتانیا به‌وجود آورد. این طبقه در همه کشورهای باختری اروپا و بنابراین در سراسر دنیا قدرتمند گردید. انگلستان در پرتو این پیشرفت توانست از همان اواسط سدهٔ هفدهم اکثر اختراعات بزرگی که پایهٔ مکانیزاسیون نوین را تشکیل می‌دهند، به‌وجود آورد. بریتانیای کبیر علی‌رغم جنگهای سدهٔ هجدهم، جدا شدن مستعمرات آن در قارهٔ امریکا و جنگهای امپراتوری که فرسودگی ملل اروپا را دربی داشت، توانست سلطهٔ خود را تا اواسط سدهٔ نوزدهم حفظ کند.

---

۱. Navigation Acts تعدادی قانون مصوب پارلمنت است که بر پایهٔ آنها در ۱۶۶۰ شرکت اتباع کشورهای بیگانه در بازرگانی انگلستان ممنوع شد؛ و در ۱۶۶۳ مقرر شد که کالاهای ارسالی به مستعمرات انگلیس در امریکا از بنادر انگلستان بارگیری شود. در ۱۶۹۶ آخرین قانون به منظور جلوگیری از تقلب و سوءاستفاده در بازرگانی بود. این قوانین در ۱۸۴۹ ملغی شد.

۲. در قانون دریانوردی ۱۶۵۱ ورود وسایل کشاورزی از کشورهای آسیا، آفریقا و امریکا جز با کشتیهای انگلیسی ممنوع گردید. م.

آیین کلبر و آثار آن

در فرانسه «آیین کلبر»[1] مؤثرترین عامل رشد صنعت در نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم بود. اما آثار بزرگ جهانی آن بویژه آثار مترتب بر پیروزیهای دریایی، در فرانسه تقریباً از همان زمان سلطنت هانری چهارم، در پایان سدهٔ شانزدهم احساس می‌شد. کوششهای نخستین، پس از پایان جنگهای مذهبی، در جهت نوسازی کشاورزی بود که در آن به تولید گیاهان مربوط به صنعت رنگ، الیاف گیاهی و تعدادی محصولات شیمیایی اهمیت داده می‌شد. فرانسه که با داشتن هر نوع کانی و جنگلهای گسترده، کشور ثروتمندی بود، صنایع فلزکاری پراکنده‌ای داشت و نمی‌توانست بدون کمک کشورهای دیگر مقدار کافی فولاد مرغوب تهیه کند. صنایع شیشه‌سازی کارخانه‌ای آن تا حدی پیشرفته بود؛ اما مهمترین صنعت آن تولید پارچه بود. طی نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم و بویژه در سدهٔ هفدهم صنعت ابریشمبافی از ایتالیا و فرانسه وارد شد و نخستین گامها برای اتوماسیون این صنعت، حتی پیش از آنکه در پشمبافی انجام گیرد، در فرانسه برداشته شد. بافندگی، که تقریباً همیشه صرفاً بر روی پشم انجام می‌گرفت، رشته دیگری از صنعت بود که کارهایی برای ماشینی کردن آن در فرانسه به عمل آمد. دوک دوسولی[2] یک مخترع سرخوردهٔ انگلیسی را به فرانسه دعوت کرد و به‌امید بروز نوآوریهای دیگری از او، در حومه شهر روان[3] کارگاهی در اختیار او گذاشت. او نیز در آنجا یک ماشین بسیار ابتدایی بافندگی را کار گذاشت. درحالی که زحمات ویلیام لی[4] به نتایج چشمگیری منجر نشد، ۷۵ سال پس از او هیندرت[5] نامی، تحت حمایت کلبر موفقیتهای جالبی به‌دست آورد. در این دوره، اختراع و کاربرد مؤثر دارهای بافندگی یکی از چشمگیرترین نمونه‌های نوآوری دشوار، زمانگیر و کارگروهی بود. عملاً همه اختراعاتی که تا دورهٔ جدید کشیده شده‌اند، همین خصیصه را دارند و همین مراحل را پیموده‌اند. اختراعات فنی در زمان حاضر نیز چنین شرایطی دارند.

هدف اصلی مرکانتیلیسم در فرانسه، که کلبر آن‌را پایه گذاشت، توسعهٔ بازرگانی خارجی بر پایه بالا بردن کیفیت محصولات کارخانه‌ای صادراتی بود. در تمام زمینه‌های تولید، حمایتهای گمرکی و

۱. ژان باتیست کلبر ۱۶۱۹ـ۱۶۸۲ سیاستمدار فرانسوی در دورهٔ لویی چهاردهم است. با اقدامات حمایتی از صنایع فرانسه، صنعت و بازرگانی را رشد داد؛ صنعتگران خارجی را وارد فرانسه کرد و چندین مانوفاکتور دولتی تأسیس کرد؛ کمپانی هند شرقی را به‌اوج قدرت خود رساند.

۲. Duc de Sully ماکسیمیلیان دوبتون ۱۵۶۰ـ۱۶۴۱، پروتستان، وزیر هانری چهارم، زراعت و صنعت را در فرانسه رونق داد.

۳. Rouen مرکز قدیم نورماندی.

۴. William Lee فوت ۱۶۱۰ مخترع انگلیسی که ملکهٔ الیزابت و جیمز اول اختراع ماشین کشبافی او را در ۱۵۸۹ رد کردند.

5. Hindret

مقررات شدید و گوناگون در مورد شرایط کار در کارخانه، روشهای صنعتی و نوع تولید برقرار گردید. همین مقررات با کمی تغییر پس از کلبر تا ظهور روبرژاک تورگو[۱] هم عملاً دست نخورده باقی ماند. با وجود اینکه اقدامات او بعداً خنثی گردید ولی در زمان خود بر روی تجهیزات صنعتی فرانسه و ظرفیت کارگاهها اثر سودمندی داشته است. از آن پس تقریباً برای دو سده هیچ مغز مخترع بزرگی در فرانسه برنیامد که پیشگام باشد و از مخترعان انگلیسی گامی فراتر گذارد. صنعت فرانسه که می‌کوشید از زمان خود عقب نماند، از طریق جاسوسیهای صنعتی و اغوای متخصصان انگلیسی، ایتالیایی و فلاندری به هدف خود دست می‌یافت.

کشمکشهای پایان‌ناپذیر فرانسه با همسایگان خود از زمان ریشیلیو تا دوران ناپلئون، اقتصاد فرانسه را کاملاً فلج کرد و نقش نوآوری آن‌را که می‌توانست در شرایط دیگری، در صنعت داشته باشد به‌نحو قابل توجهی کاهش داد. معذلک باید پذیرفت که فرانسه، بر خلاف دیگر سرزمینها، توانست خود را در سطح تکنیک دوران خود نگاه دارد.

یکی از مشهورترین اقدامات لویی چهاردهم، الغای فرمان نانت[۲] بود که بر پخش تکنولوژی در برخی از کشورهای اروپا تأثیر انکار ناپذیری داشت. این واقعیات ثابت می‌کنند که اگر انگلیس و هلند و بویژه آلمان از هوش صنعتی مهاجران پروتستانی، بهره گرفتند، بدین علت بود که فرانسه تعداد زیادی تکنسین‌های کار آزموده و کارگران ماهر داشت.

حضور تصادفی این مردمان سختکوش، بخصوص برای آلمان مفید افتاد و پروسیها کمی پس از آن توانستند همچون یک دولت معظم جدید قد برافرازند. وضعی که بدین ترتیب ایجاد شد به پروس امکان داد تا پس از سقوط امپراطوری ناپلئون، در میان ملتهایی که در پیشرفت صنعت نقش مؤثری داشتند، جایی برای خود باز کند.

اولین گامها در راه ماشینی کردن صنعت

مراحل نخست ماشینی کردن صنعت، در چارچوب چنین حوادثی، بین آغاز سدهٔ شانزدهم تا سدهٔ هجدهم طی شد. از نظر تاریخ صنعت، خصیصهٔ این دوران هنوز کاملاً معین نشده است، زیرا تا

۱. Turgot ۱۷۲۷ـ۱۷۸۱، اقتصاددان و سیاستمدار فرانسوی.

۲. این فرمان که در ۱۵۹۸ بوسیله هانری چهارم صادر شد هدف آن صلح با پروتستانها بود. طبق این فرمان پروتستانها مجاز گردیدند که در تمام شهرهایی که از ۱۵۹۶ مراسم مذهبی خود را بجا می‌آوردند آزادی عمل داشته باشند و در دو شهر یا شهرک حکومت با آنها باشد. دولت طرفداران کالون را همچون گروهی متشکل شناخت و به آنها امنیت قضایی، سیاسی و نظامی اعطا کرد. با لغو فرمان در ۱۶۸۵ بوسیلهٔ لویی چهاردهم بر اساس یک دولت یک دین، تعداد ۲۰۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ فرانسوی به سویس و ممالک دیگر کوچیدند.

همین امروز، تاریخ این دوران بر مبنای توجه زیاد بر روی جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی اختراعات و بهره‌گیری صنعتی از آنها بررسی شده است و تحقیق بر روی تکامل روشهای فنی آن‌قدرها مورد توجه نبوده است و در این زمینه شناخت، اندک است. هدف اساسی ما تهیهٔ خلاصه‌ای کوتاه اما دقیق از اطلاعاتی است که از تاریخ فنی تکنولوژی داریم. این‌کار بخاطر ارائهٔ تعریف تازه‌ای از تاریخ صنعت نیست که عوامل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را در آن راهی نباشد. همهٔ این عوامل تأثیر بزرگی بر تاریخ صنعت دارند. تاریخ مورد بررسی ما، ظاهراً مناسب‌ترین زمان به‌خاطر آوردن این تأثیرات بر روی تحول تکنولوژی است، بخصوص از آن جهت که دوره‌ای که بلافاصله درپی آن درمی‌رسد، (نیمهٔ سده هجدهم تا نیمهٔ سدهٔ نوزدهم) انقلاب صنعتی نامیده می‌شود. انقلاب صنعتی سدهٔ هجدهم بیشتر از جنبهٔ تغییر شکل سازمان مانوفاکتورها، سیستم نفوذ بازرگانی و ساختار اجتماعی مشخص شده است تا تحول سریع در شیوه‌های تولید، ماشینی کردن صنعت بر پایه نفی جریان دهه‌های آخر سدهٔ هجدهم، که بیشتر نویسندگان تاریخ این دوره می‌خواهند ما را به آن معتقد سازند، نیست. این توهم از این واقعیت ریشه می‌گیرد که در غالب این بررسیها فقط نحوهٔ ماشینی شدن ریسندگی، پشمبافی و نخبافی مورد توجه بوده است، زیرا صنعت بافندگی رشته‌ای بوده که در انگلستان سریعترین رشد را داشته است. با این همه باید گفت که در اوایل سدهٔ شانزدهم، این نوسازی اقتصاد است که برای تکنولوژی بسیار پربار بوده است.

گشایش و بهره‌گیری از راههای طولانی دریایی ناگزیر بر روی ساختمان کشتیها و تأسیسات بندری تأثیر خود را گذاشت. لیکن این «بزرگراههای» خارجی می‌بایست در داخل نیز به شبکه‌ای از راههای درخور خود منتهی گردند. در آغاز سدهٔ شانزدهم راههای دلیجانرو، در همهٔ کشورهای اروپایی وجود نداشت. کشورهای بزرگ اروپای غربی انرژی خود را بر روی تجدید ساختمان و یا ایجاد شبکهٔ راهها متمرکز ساختند و ضمناً کانالهای بزرگی حفر کردند و مسیر تعدادی از رودخانه‌ها و شطها را دستکاری کردند تا کشتیرانی داخلی میسر گردد.

در حالی که ساختن مجسمه‌ها و بناهای هنری و ساختمانهای عمومی بیشتر مورد توجه قرار می‌گرفت، رشد و توسعه شهرها سبب رونق معاملات مسکن شد. شیوه‌های مربوط به‌بالا بردن و جابه‌جا کردن مصالح ساختمانی بتدریج کمال یافت و به‌خدمت صنعت سنگین زمان خود درآمد. استخراج معادن و فلزکاری نخستین صنایعی بودند که خود را با زمان تطبیق دادند و پس از آنها می‌توان از صنایع تبدیل شکل: ریخته‌گری، آهنکاری، مفتولسازی، ساختن ابزارهای برنده، اره‌سازی، آسیاسازی و غیره نام برد که عناصر نخستین ماشینی شدن را رفته‌رفته آماده ساختند. این عناصر

بتدریج از مجراهای گوناگونی به حوزه‌های دیگر کارگاهی نظیر: ساعتسازی، دستگاههای بزرگ و کوچک، کشبافی، بافندگی نیز اتمام کاری پارچه و رنگرزی و ساختن مصنوعات شیمیایی و آینه‌سازی راه یافتند.

با آنکه در تولید انرژی، هیچ اختراع بنیادی پدید نیامد ـ ماشین بخار هنوز دوران کودکی خود را می‌گذرانید ـ بهره‌گیری از آبشارها و آبراهها، ساختن چرخهای هیدرولیک و چرخابهایی که اسب آنها را می‌گرداند و بویژه استفاده از عناصر انتقال حرکت در ماشین به‌طرز چشمگیری تحول یافت. این تحول از این‌نظر بود که تعداد آنها چندین برابر شد و با کاربردهای گوناگون و مشخص انطباق داده شدند و کارگاههای مختلف با آن مجهز گردیدند تا لااقل بخشی از کار انسان بوسیلهٔ آنها انجام گیرد. این تحول کاری، هرقدر هم که اکنون ابتدایی می‌نماید، تأثیر آن در آماده‌سازی تمدن صنعتی نوین بس مهم بود. جریان تکاملی اختراع، تحت تأثیر پیشرفت مرتبط و همزمان سطح تکنیک کلی نیز قرار می‌گیرد. پیشرفت تکنیک کلی، با اختراعات نوین مشخص نمی‌شود. کار بست و بهره‌گیری از اختراعات هم مراحل بس مهم و غالباً زمانگیر و دشوار دارد. اختراع، تنها عبارت از بیان یک فکر بدیع و کارهای نخستین برای تحقق آن نیست، بلکه نوعی فرایند کلی پیشرفت نیز هست که معمولاً برای اینکه از مرحلهٔ درک اولیه به مرحلهٔ بهره‌برداری برسد، مستلزم کار گروهی است.

اختراعاتی که در سدهٔ هجدهم انجام گرفته‌اند، که عده‌ای علل انقلاب صنعتی را در آنها جست‌وجو می‌کنند، تنها میوه‌های پیشرفتهای کلی سده‌های پیش از خود بودند. تأثیر عمیق این پیشرفتها صرفاً از آن جهت است که همهٔ عوامل دیگری که مستقیماً یا به‌طور غیرمستقیم در پیشرفت تکنیک سهیم هستند، به مرحلهٔ بسیار بالایی از تکامل دست یافته بودند. آقای ژینیو[1] به‌هنگام بررسی اوضاع اواخر سدهٔ هفدهم این مطلب را چنین تبیین می‌کند: «ما در سدهٔ هجدهم وارد یک انقلاب بزرگ صنعتی نشده‌ایم بلکه میوه‌های آن‌را گردآوری کرده‌ایم. همچنان‌که «اوج» انقلاب صنعتی انگلستان در سالهای ۱۷۶۰ـ۱۸۱۵، نتیجهٔ یک رشته تحولات آهسته پیشین بوده است» (جلد چهارم *Histoire du commerce*).

روابط علوم و صنایع

اما عوامل اقتصادی، تنها عوامل مؤثر بر تحول صنعت نیستند. از گذشته‌ها، با شروع دورانی (که مشخص کردن آن بسیار دشوار است) بین پیشرفت علوم و صنایع روابط محکمی، وجود داشته است. این روابط طی سالهای اولیه بسیار زیاد بود، به‌طوری‌که می‌توان گفت نخستین آشناییهای

۱. Gignoux کلود ژوزف ۱۸۹۰ـ۱۹۵۸ اقتصاددان، نویسنده و سیاستمدار فرانسوی.

تکنسین‌ها با مواد و پدیده‌های طبیعی، نتیجهٔ کنجکاویهای علمی بوده است. اما تا نزدیک به سده‌های پانزدهم یا شانزدهم، دانش به صنعت، یاریهای بسیار کمی داده است و تنها طی سه سدهٔ اخیر است، که این دو حوزهٔ فعالیت انسانی واقعاً شروع به تأثیر متقابل بر یکدیگر کرده‌اند.

عده‌ای برآنند که پیشرفت صنعت فقط در نتیجهٔ پیشرفت علم حاصل می‌شود و بویژه تغییر آهنگ پیشرفت صنعت و تولید طی دوره‌ای که مورخان آن‌را انقلاب صنعتی می‌نامند، بدین دلیل بوده است. نهایتاً در تحلیل این پدیده‌ها باید گفت که آنها بسیار پیچیده هستند. حتی در دوران جدید هم صنعت را نمی‌توان صرفاً کاربرد علم دانست. طی سده‌های پیش از این می‌توان گفت که علم از صنعت بسیار چیزها آموخته است، که در حقیقت هنوز هم می‌آموزد.

اما دورهٔ مورد بررسی ما، خصوصیات خود را دارد و مطالعهٔ تاریخ آن، می‌تواند کُنه روابط بین علم و صنعت و تحول آن‌را از آغاز دورانهای پیش از تاریخ تا زمان حاضر با وضوح بیشتری به ما بنمایاند.

یک نظر سریع بر روی این سده‌ها و حتی هزاره‌های پیش از این دوره، کار بیهوده‌ای نیست. طی این دوران طولانی از زمان، علم و صنعت هر یک جدا از دیگری به راه خود رفته‌اند و نخستین روابط بین آنها به شکلی که شرح آن در بالا داده شد، پدید آمد. نوعی نفوذ هندسه و حساب در بعضی از رشته‌های صنعت دیده می‌شود اما همین نفوذ هم غیرمستقیم ایجاد شده بود.

نوشتارهای صنعتی

با نزدیک شدن به پایان قرون وسطی، و دو یا سه سدهٔ پس از آن، مراکز و مناطق تماس، متعددتر می‌گردند. حوزه‌هایی که برای ما جالب است عبارتند از: مکانیک، شیمی و فلزکاری، نجوم و مساحی، هنر ناوبری و گاهشماری. پیشرفت در بعضی از این رشته‌ها تنها به تلاشهای تجربی تکنسین‌ها بمنظور کامل کردن وسیلهٔ کار خود محدود می‌شد، اما همین تلاشها هم به برکت توزیع کتابچه‌هایی که از همان سدهٔ شانزدهم به چاپ می‌رسیدند، مؤثرتر واقع گردیدند. پیش از اختراع چاپ همان‌طور که خواهیم دید، تعداد زیادی از مهندسان طرح بعضی از اندیشه‌های بدیع و نوآوریهای خود را یادداشت و رسم می‌کردند. معاصران آنها از این یادداشتها بی‌اطلاع ماندند، اما در سدهٔ شانزدهم مؤلفان متعددی رساله‌هایی برای چاپ شدن نوشته‌اند، کمتر از یک سده پس از اختراع چاپ، مطالب فراوانی دربارهٔ تکنولوژی برای چاپ آماده بود. نه‌تنها تجربیاتی که طی سده‌های پیشین بر روی هم انباشته شده بود، ارزشمند بودند، بلکه گرایش به‌انتقال سریعتر این تجربه‌ها و نیازی که این گرایش را برآورده سازد، نیز ارزشمند بودند.

از این‌پس نوعی وسیلهٔ انتقال سریعتر و وسیعتر به‌انتقال شفاهی (سینه به سینه) یا نحوهٔ انتقال از استادکار به شاگرد افزوده شد. باید روشن کرد که این کتابها که برای استادکاران تهیه شده بودند، هیچ‌گونه ظاهر علمی نداشتند و بخصوص آنهایی که دربارهٔ کانی‌شناسی، کانگری و سرامیکسازی چاپ می‌شد، چنین بودند.

دفترهای شیمی که در سدهٔ هفدهم منتشر شدند تا حدی رنگ علمی داشتند. شیمیدانها در این‌زمان در نزدیک ساختن علوم و صنایع به یکدیگر نقش ویژه‌ای داشتند، که بیشتر بنفع علوم بود تا صنایع. کتاب پاراسلس[1] از این‌لحاظ بسیار جالب است. پاراسلس در ضمن اینکه تکنسین معدن بود، به پزشکی نیز می‌پرداخت. پس از او بسیاری از شیمیدانها از این جنبه‌های دوگانهٔ آموزش برخوردار بودند. این شیمیدانها در حالی‌که به بررسی روشهای سنتی غنی‌کردن کانیها و آماده‌سازی فلزات، عناصر و ترکیبات شناخته شده، می‌پرداختند، ولیکن در این راستا بیشتر در جهت پیش بردن نظریه‌های شیمی کار می‌کردند تا کامل کردن وسایل شیمی صنعتی.

رابطه بین علم و صنعت در زمینه‌های دیگر نزدیکتر و فشرده‌تر بود. مثلاً در رشته نجوم، مساحی و ناوبری چنین رابطه‌ای برقرار بود. این رشته‌ها از نوع علوم تجربی هستند و پیشرفت آنها کاملاً به تکامل ابزارهای ویژهٔ آنها، که دست‌ساز تکنسین‌ها بود، مربوط می‌شد؛ در مقابل، پیشرفت تکنیک در این رشته‌ها نیز، که عده کثیری از استادکاران به آنها می‌پرداختند، ارتباط مستقیم با تکامل دانش این رشته‌ها داشت.

ساختن ابزارهای ریاضی، یعنی وسایل اندازه‌گیری و رصد اختران در همان آغاز سدهٔشانزدهم صنعت پر رونقی بود. این صنعت نخست در ایتالیا، سپس در انگلستان درخشید. کارگاههای متعددی از این صنعت در جنوب آلمان، هلند و فرانسه دیده می‌شدند و سپس این صنعت در کشورهای دیگر اروپا رواج یافت. آقای تیلور[2] در «*mathematical practitioners*» استادکاران این صنایع را نام برده است. ما صد استادکار این پیشه را در سدهٔ شانزدهم و چهارصد نفر را در سدهٔ هفدهم و نیمهٔ نخست سدهٔ هجدهم در کشور انگلستان می‌شناسیم.

با آنکه این افراد در ردیف تکنسین یا کارگر ساده بودند اما تقریباً، همگی دربارهٔ ساختن و طرز کاربرد وسایلی که خود می‌ساختند از قبیل: خط‌کش، قطبنما، اسطرلاب، ربع یا کوادران، ارتفاع‌یاب یا تئودولیت و طویل‌یاب[3] و غیره دستورالعملهایی نوشته‌اند. آقای تیلور فهرستی از ۶۲۸ اثر از این‌دست را که بین سالهای ۱۴۹۶ ـ ۱۷۱۵ منتشر شده است، نام می‌برد که از میان آنها

۱. Paracelse ۱۴۹۳ـ۱۵۴۱ دانشمند سویسی.ـم.

2. Taylor 3. Cercle mural

دو اثر، تاریخ چاپهای نخستین سال ۱۵۰۰ را دارند. هیچ رشتهٔ علمی یا صنعتی دیگری، چنین میراث فراوانی از گذشته ندارد.

پیدایش تکنولوژی

این نوشتارها و کارهایی که در آنها بیان شده است، چهرهٔ قرن را مشخص می‌سازند و نقش افرادی که، آنها را نمی‌توان یک صنعتگر یا مخترع تمام‌عیار دانست یا یک دانشمند محض، در پیشبرد کلی علوم و صنایع نشان می‌دهند. این عده را می‌توان در ردیف مهندسان امروزی به‌شمار آورد؛ گرچه میزان تحصیلات علمی آنان بسیار ابتداییتر بود. تجربیات آنها همراه با اطلاعات اولیه‌ای که آموخته بودند، به آنها امکان می‌داد تا دشواریهایی را که در رشتهٔ تخصصی خود با آنها برخورد می‌کردند، برطرف سازند. آنها می‌توانستند دانش خود را به‌صورت کتابچه‌هایی به معاصران خود ارائه دهند. در این دوره، این مردان به آفرینش رشته تازه‌ای از فعالیت دست‌زدند و آن‌را «تکنولوژی» نامیدند، که مراد از آن، نه کاربرد سادهٔ تکنیک بود و نه کشف روشهای نوین. در واقع تکنولوژی بین علم و تکنیکهای فردی جا گرفت و بوسیلهٔ نفوذ متقابل این دو، مشخص گردید.

اصطلاح «تکنولوژی» بویژه بدلیل معنی اصطلاح انگلیسی معادل خود، ممکن است موجب گمراهی شود. ما در اینجا، به‌طور قرار دادی از این اصطلاح برای بیان یک تکنیک پیش افتاده، تکنیک سنجیده و یا به‌طور دقیقتر علم تکنیک استفاده می‌کنیم. بدون اینکه در تحقیقات خود برای یافتن تعریفی دقیق‌تر پیش برویم. از این مطلب، خواننده در می‌یابد که ما می‌خواهیم توجه او را به‌حیطه‌ای از فعالیت بشری که بین علم و صنعت مشترک و در عین حال از هر دو متمایز است جلب کنیم؛ حیطه‌ای که این دو رشته در آن به یکدیگر می‌پیوندند و برای بهره‌گیریهای عظیم با یکدیگر همکاری دارند. ازاین‌رو، ما خواهیم دید که قلمرو آن، هم از نظر وسعت و هم از لحاظ کیفیت اهمیت بیشتری می‌یابد. برای اثبات این ادعا، تنها کافی است که به پیشرفتهای نخستین آن توجه کنیم. نمونه‌های قبلی نشان می‌دهند که چگونه در نزدیکیهای سدهٔ هفدهم تکنولوژی اهمیت خود را در پیشبرد کلی علوم و صنایع نشان داده است و به منزلهٔ چاشنی شکوفایی در تمدن صنعتی نوین عمل کرده است.

علم، تکنولوژی و تکنیک

نمونه‌های دیگری که در این مجلد مورد بررسی قرار خواهند گرفت، سرشت این پدیده را هویدا می‌سازند. نخستین نمونه، پیدایش کمی اسرارآمیز ساعتهای مکانیکی دیواری در پایان سدهٔ سیزدهم

است که چهار سدهٔ پس از آن ساعتهای ثانیه‌شمار، که تاریخ دقیق اختراع آنها معلوم است، ساخته شدند. کاربرد آونگ از جانب هویگنس به‌عنوان نظم‌دهندهٔ ساعتهای دیواری، موردی است که از آن به حق به‌عنوان تأثیر یک کشف علمی بر پیشرفت صنعت، بسیار یاد می‌شود؛ اما واقعیت این است که این مورد، بخشی از مجموعه تحقیقات، اکتشافات و اختراعاتی بوده است که علم و صنعت هر دو به علت پیشرفت هماهنگ خود در آن رشته به آنها پرداخته‌اند. در اواخر سدهٔ هفدهم، پیشرفت در امر سنجش زمان جان تازه‌ای یافت، انگیزهٔ این پیشرفت مشکلی بود که دریانوردان و اخترشناسان، هر دو گروه، با آن مواجه شده بودند و آن، اندازه‌گیری طول جغرافیایی برای تعیین مسیر در دریا بود. روشن است که دانشمندان و دریانوردان انگلستان در این زمان به حل این مشکل علاقهٔ بسیار نشان می‌دادند، و علت بنای اولین رصدخانه بزرگ و مدرن ـ رصدخانه گرینیچ ـ نیز حل همین مسأله بود. این کار از طرف کشورهای اروپایی دنبال شد و اروپا را از شرق به‌غرب دربرگرفت. ساختن وسایل غول‌آسای زیج و ابزارهای نجومی در دریا، طی ۵۰ سال، صنعتی بسیار تخصصی گردید و تکنیکهای آن برای پاسخگویی به نیازهای نوین اخترشناسان و دریانوردان، بسرعت متحول شد. علت اینکه آلات نوری و ابزار دقیق در نخستین مراحل خود واجد پایه‌های اقتصادی و علمی گردیدند، همین امر بود. اما مشکل تعیین وقت در دریا را باید خود دست‌اندرکاران حل می‌کردند؛ و لذا استادکاران بزرگ ساعتسازی در سدهٔ هجدهم هم در فرانسه و هم در انگلستان به حل آن کمر بستند.

همین همکاری دوجانبه در آن عصر در رشته‌های دیگری، گرچه با نتایج نه‌چندان درخشان، وجود داشته است؛ مثلاً فن نمایش مقاطع ساختمان[1] و قواعد پرسپکتیو (تصویر مرکزی) مسائل نوینی را در ساخت بناهای شخصی و عمومی وارد کردند. درکشتی‌سازی از علم استفاده می‌شد: هیدرولیک و بعدها مکانیک و ماشین‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند.

این رشته اخیر تکنولوژی ماشین‌سازی راه را برای صنعت امروزین گشود و ما در مجلد بعدی این کتاب دقیقاً به‌آن خواهیم پرداخت. همین تبدیلها و پیدایش روشهای نوین در رشته آهنکاری (سیدرورژی) سبب شدند که از آغاز نیمهٔ دوم سدهٔ نوزدهم، بند از پای تکنیک برداشته شود.

مطالب پیشگفته، جملگی به‌این‌خاطر بوده‌اند که از مرحله‌ای از تاریخ صنعت که تاکنون توجهی به‌آن نشده است و اطلاعات ما از آن بسیار ناقص است، نموداری هرچند غیر دقیق به خواننده عرضه شود.

1. stéréotomie

برنامهٔ کار

ما در جلد نخست این مجموعه، ترتیب زمانی و جغرافیایی مناطقی را که در تمدن صنعتی سهمی داشته‌اند، رعایت کرده‌ایم. در این تردیدی نیست که هر یک از این مناطق، پیش از آغاز عصر جدید، قریحه‌های ویژهٔ خود را داشته‌اند. اما این امر نیز محقق است که این قریحه‌ها را میراث تمدنهای گذشته بارورکرده است. هر تکنیک، همچون موجی است که در خیزهای خود بذر هر یک از تمدنها را به نقطه‌ای می‌افکند و آن تمدنها در آن نقاط، پیاپی شکوفا می‌شوند.

ترتیب زمانی‌که ما در این مجلد آن‌را رعایت می‌کنیم، با موانعی برخورد می‌کند. قسمت اول این مجلد به بررسی سطح تکنیک اروپا در دوران رنسانس می‌پردازد؛ بدین ترتیب با در نظر گرفتن اینکه در این دوران تمدن چین ردای سنگین رکود صنعتی را بر سراسر خاور دور کشیده بود، ما همهٔ امکانات اندیشهٔ خلاق بشری را نیز به حساب آورده‌ایم.

پس از پشت سر گذاشتن این مرحله از تکامل تاریخ صنعت، ما ناگزیریم که هر یک از رشته‌های مهم صنعتی را جداگانه مورد بررسی قرار دهیم. طبیعتاً در این تلاش خود، به مشکل طبقه‌بندی برمی‌خوریم که برای برطرف‌ساختن آن، تنها، راه‌حلهای نسبی وجود دارد. تقسیم‌بندی موضوع در مجلدها و فصلها را، آن‌طورکه در فهرست کتاب آمده است، نمی‌توان یک طبقه‌بندی سنجیده به‌شمار آورد. این فصلبندی صرفاً بقصد ایجاد نوعی تداوم منطقی ایجاد شده است. ما که بحث را با تکنیکهای استخراج و غنی‌سازی مواد خام شروع و با روشهای بیش از پیش پیچیده کاربرد آنها ادامه داده‌ایم، برآنیم که فنون ساختمان، تجهیزات و دفاع را نیز ضمن آنها بررسی کنیم وکار خود را با تکنیکهایی که انسان را با عالیترین روشهای رفتاری مجهز می‌سازد، به پایان بریم.

برای اینکه بین ترتیب ارائه مطالب در جلد نخست با جلدهای دیگر پلی بزنیم و جاخالیهای احتمالی را که در نتیجهٔ تغییر ترتیب ایجاد می‌شود پر سازیم، گاهی یادآوری کارهای انجام شده در دوران مورد نظر مفید می‌نماید. نویسندگان برخی فصول نیز بدین ترتیب توانسته‌اند ارتباط منطقی موضوع مورد بحث خود را حفظ کنند.

این تقسیم‌بندی براساس رشته‌های صنعتی طبعاً معایبی هم دارد؛ لیکن تقسیم‌بندی بر پایهٔ مناطق جغرافیایی هم با شروع سدهٔ شانزدهم یا هفدهم به دلایلی که در بالا ذکر شد، پذیرفتنی نیست. درحالی که برخی از مناطق جغرافیایی، مثلاً اروپای غربی، بتنهایی عهده‌دار دوام روحیه نوآوری در طول حدود دو سده بوده است، شکوفایی کامل این روحیه، پس‌از این مدت، تنها در سراسر جهان امکانپذیر است و پیشرفت صنایع بیش از پیش حاصل‌کوششی دسته‌جمعی و مستدام

می‌باشد. وانگهی، همه عواملی که در رواج صنایع در اروپا دخالت داشته‌اند و اکنون نیز دخالت دارند، عواملی هستند که همه جهانیان همزمان به‌آن علاقه‌مندند، نه بعضی مناطق جغرافیایی که مثلاً در دورانهای تمدن باستانی و قرون وسطی مشخص بوده‌اند.

تداوم پیشرفت تکنیک

ایجاد مقاطع تاریخی برای تشخیص مراحل پیشرفت صنعت کافی‌نیست. در این مجلد و مجلدهای بعدی، با اینکه هر جلد به دوران معینی می‌پردازد ولی تقسیم‌بندی فرعی آنها، بسادگی مرحله‌ای را به مرحله دیگر ربط نمی‌دهد. در واقع باید گفت که به برخی خصوصیات اصلی پیشرفت تکنیک و بخصوص تداوم و همگونی آن نباید کم توجهی کرد. در حقیقت، در این تاریخ هیچ اعوجاجی وجود ندارد. چنانچه از یکطرف بین رشته‌های گوناگون فعالیت بشری و از سوی دیگر بین نوآوریهای تکنیکی و امکانات اقتصادی بهره‌برداری از آنها، همواره نوعی تعادل حفظ می‌شد، همه‌چیز بخوبی گذشته بود و بخوبی نیز می‌گذشت. با اینکه در محدوده این کتاب، ما به داده‌های تکنیکی این‌تاریخ توجه داریم، پدیده‌های درگیر در بین تکنیکهای مختلف را هم، که در پیشرفت کلی صنعت تأثیر دارند، از یاد نمی‌بریم. بدین دلیل محدودهٔ زمانی هر مجلد تجاوزپذیر نیست. و نمی‌تواند هم باشد؛ بعضی از فصلها خواننده را تا پایان سدهٔ هجدهم به‌پیش می‌برند تا اینکه مرحله‌ای از پیشرفت در یک رشتهٔ صنعتی تا به آخر بازنموده شود و در همان‌حال فصلهای دیگر از نیمهٔ آن سده جلوتر نمی‌روند. تاریخ تکنولوژی، نظیر هر مخلوق زنده، خود را در چارچوب سده‌ها زندانی نکرده است و ما در آینده خواهیم دید که این تاریخ، قالبی را که تاریخ کلاسیک برای آن تعیین کرده است، حتی در مواردی درهم می‌شکنند.

موریس دوما

بخش نخست

سده‌های پانزدهم و شانزدهم در غرب

پیشگفتار

نیمهٔ سدهٔ چهاردهم برای اروپای باختری، دورانی پر آشوب و برای پیشرفت صنعت نامساعد بود. آغاز «جنگهای صد ساله» ورشکستگی بانکهای ایتالیا، وبای بزرگ، هماهنگ با هم موجب فشارهای اقتصادی و کاهش زیاد تراکم جمعیت شدند. در تمام مدت نیمهٔ دوم این سده رکود و کسادی برقرار بود، با این همه، در این مدت نیز بعضی صنایع رشد جالبی داشته‌اند. که از آن جمله می‌توان: کاغذسازی، رواج ساعتهای مکانیکی دیواری و کاربرد باروت و توپ را نام برد. برای اینکه از نو با شکوفایی صنعت برخورد کنیم، می‌بایست چشم به‌راه سدهٔ پانزدهم باشیم.

شکوفایی صنعت در سدهٔ پانزدهم چنان چشمگیر است که تمام تمدن ما مدیون آن می‌باشد. ما کمی پیش از این توجه دادیم که اصطلاح رنسانس تا چه حد مبهم است. در اینجا فقط توجه می‌دهیم که نوعی نوآوری در سدهٔ پانزدهم در رشته‌های گوناگون پدید آمد و تا نیمهٔ نخست سدهٔ بعدی ادامه یافت. چنین حالتی این دوران را از سده‌های قبلی و بعدی متمایز می‌سازد. تردیدی نیست که ذکر تظاهرات مهم این نوآوری سودمند است و اثر آنها بر پیشرفت صنعت بروشنی دیده می‌شود.

نخست باید از نظم سیاسی و اجتماعی آن دوران سخن گوییم. نظم فئودالی روبه‌نابودی داشت و درک مربوط به حکومت سیاسی خود را نیز به‌همراه می‌برد. قدرتهای کهن، فئودالها و کلیسا رفته رفته جای خود را به بورژوازی وا می‌گذاشتند که از مدتها پیش پیوسته نیرو می‌یافت. شهر به نیروی برتر در سراسر زندگی اروپای غربی تبدیل شده بود. نوعی نظم رآلیستی و بورژوایی جای

سلسلهٔ مراتب پیشین را می‌گرفت: اعتقاد انتزاعی به پروردگار یگانه به‌کناری نهاده شد؛ زندگی از نزدیکتر مطرح شد؛ نگاهها بیش از پیش متوجه جهان بیرون گردید. بدون هرگونه شبهه‌ای می‌توان گفت که برآمد سیاسی بورژوازی موجب تغییر طرز تفکر طبقات حاکم شد. آنها خود را از قید روحگرایی قرون وسطایی رها ساختند؛ علاقه به خاصیتهای واقعی موضوعها، سرشت اشیا و ظاهر جهانفزونی گرفت. منظرهٔ تمدن تغییر پذیرفت. ضمناً این را هم بگوییم که این نظم رآلیستی و بورژوایی باید در جزئیات زندگی دخالت کند و برای مشکلات تکنیکی هم چاره اندیشد. این بورژوازی تازه به دوران رسیده در واقع با گردش کالا و تولید صنعتی رابطه‌ای بس نزدیک داشت.

در زمینه‌های علمی نیز اعوجاج قابل‌توجهی را که امروزه بخوبی شناخته شده است، بر طرف ساختند. در این مورد نیز باید بر نقش بورژوازی انگشت گذارد: پیشرفت فعالیت اقتصادی در فلاندر یا ایتالیا، نیازهای جدیدی را موجب گردید: اندیشهٔ سودجویی از علم پیش آمد. بدین ترتیب تمایل امپیریستی، تجربه‌گرایی و حسابگری شدت یافت. مفاهیم پولی اورسم[۱]، اندیشه‌های پیردوبوا[۲] در مورد آموزش زنان، نظرات مارینو سانودو[۳] راجع به جنگ اقتصادی و اثرات محاصره اقتصادی گواه این امر هستند که اندیشهٔ انسان به دنیای بیرون راه رفته بود و این امر در تفکر بر روی مسائل اساساً عملی نقش شایسته‌ای داشت، فرانسوا رابله نویسندهٔ فرانسوی در یک سدهٔ بعد، زمانی‌که دربارهٔ تعلیم و تربیت گارگانتوا[۴] چیز می‌نویسد این موضوع را در نظر داشته است.

آموزش ریاضیات در اونیورسیته‌ها، نخست در آکسفورد و بعد در پاریس، مهمترین درس شد. کمی پیش از سال ۱۳۶۶، نامزدهای اخذ دانشنامه باید سوگند یاد می‌کردند که حداقل صد جلسهٔ ریاضی داشته‌اند. درست است که این شرط تفسیرپذیر بود ولی انحراف کمی را تحمل می‌کرد. در همان دوران ریاضیات، گرچه با صراحت کمتری، جزء دروس لازم برای اخذ دانشنامه شد، اونیورسیتهٔ پاریس، تا حدی آموزش بدون ریاضیات را تحمل می‌کرد، اما این رشته درسی روز به روز اهمیت بیشتری کسب نمود. این درج ریاضیات در برنامهٔ درسی اسکولاستیک، در واقع

---

۱. Nicole d'Oresme ۱۳۲۵ـ۱۳۸۲ متولد نورماندی، اسقف و محقق، نخستین کسی است که به زبان فرانسه کتاب فلسفی و صنعتی نوشته است.

۲. Pierre Dubois ۱۲۵۰ـ۱۳۲۱ نویسنده اجتماعی و رجل دولتی فرانسه.

۳. Marino Sanudo (۱۴۶۶ـ۱۵۳۵) مورخ و رجل دولتی ونیز. وقایع سال‌های ۱۴۹۶ـ۱۵۳۳ را در ۵۸ جلد تحت عنوان ***Diaries*** به دقت به رشته تحریر درآورده است.

۴. gargantua داستانی است که رابله (۱۴۹۰ـ۱۵۵۳) در سال ۱۵۳۴ دربارهٔ غولی به نام گارگانتوا نوشته است. و در زیر ظاهر هجوآمیز آن دربارهٔ تعلیم و تربیت و سیاست و فلسفه بحثهایی جدی دارد. این داستان یکی از شاهکارهای جهانی است.

نشانهٔ پیروزی تکنیک بود؛ زیرا درحقیقت دانشمندان نیمهٔ قرون وسطی و نیز دکارت، ریاضیات را تنها برای «پیشه‌های مکانیکی» مفید می‌دانستند. هندسه برای خرپاسازان، معماران و مساحان درس لازمی بود. گوندیسلاو در نیمهٔ سدهٔ دوازدهم از اهمیت هندسه در هدایت ابزارها (انجینها) و معماری صحبت می‌کند و آن‌را دانشی ویژهٔ تکنسین‌ها می‌داند. علم حساب پایه اصلی پیشه بازرگانی بود. با رواج روشهای نوین حسابداری، کلاسهای آموزش کار با چرتکه، که مقدمات حساب را تعلیم می‌دادند، بخصوص در ایتالیا فراوان شدند.

بدین‌ترتیب کوششهای بعضی از دانشمندان از سدهٔ دوازدهم، که اونیورسیته آکسفورد آنها را پذیرفته و تکامل داده بود، در این جهت بود که ریاضیات و بدین‌ترتیب همه تکنیکها را، هم سطح با سایر معارف دیگری قرار دهد که از قدیم در فاکولته‌ها آموزش داده می‌شدند. آقای گی بوژوان[1] توجه می‌دهد که حساب بازاری که از کتاب لئوناردو فیبوناتچی[2] با عنوان *Liber abaci* (کتاب چرتکه) اخذ شده بود، در مدارس چرتکه‌ای همراه با حسابداری دوبل، که حدود سال ۱۳۴۶ اختراع شده بود، درس داده می‌شد. توجهی که دانشگاه آکسفورد به «کتاب‌المناظر» ابن‌هیثم نشان داد بدون ارتباط به اختراع عینک و رواج پرسپکتیو ریاضی در نقاشیهای دوران رنسانس نبود. ژان بوریدان[3] نظریه‌پرداز ضربه (*impetus*)، دانش پرتابشناسی را پایه گذاشت و کالبدشکافی در پرتو نخستین تشریحها، در آغاز سده چهاردهم تکامل یافت.

این موج تازه، حتی هنر را هم تحت تأثیر قرار داد و نتیجهٔ آن پیدایش نوعی ناتورالیسم بود که ثمرهٔ تجربهٔ رشد یافته و کمی فن‌گرایی است، که در جهان مادی به‌شکل سیستمی ریاضی از هارمونی و با تکیهٔ خاص بر روی همهٔ اشکال زندگی بروز می‌کند. در مورد تجربه‌ها هم نمی‌توان گفت که همهٔ آنها به موفقیت انجامیده‌اند.

این رجوع به واقعیت که در همهٔ جنبه‌های یک تمدن دیده می‌شد، دقیقاً همزمان با چشمداشت کارایی در همهٔ بخشهای فعالیت بشری، چه سیاسی و چه اقتصادی بود، که از مشخصات سده‌های چهاردهم و پانزدهم است. درگذشته وحدت همهٔ فعالیتهای بشری به‌سوی خدای یگانه داشت، وضعی که کرانمندی و حصر معرفت را تأیید می‌کرد. اما از این پس استقصای واقعیت را می‌توان با روشهای انسانی (روشهای تجربی و منطقی) به انجام رسانید. یعنی انسان، به هر شکلی که باشد، هر حرفه‌ای که داشته باشد، همواره امکان رسیدن به حقیقت کلی را دارد. این تجسس و

---

1. Guy Beaujouan

۲. L. Fibonacci ۱۱۷۰_۱۲۵۰ نخستین ریاضیدان بزرگ سدهٔ سیزدهم، متولد شهر پیسا در ایتالیا.

۳. Jean Buridan فیلسوف مدرسی فرانسه ۱۳۰۰_۱۳۵۸.

استقصاء که با حرارت پیگیری می‌شد، در اوضاع و احوالی که دانش محدود بود، نوعی تلاش فکری را جانشین روحیه اسکولاستیک ساخت.

آقای فرانکاستل[1] این تعویض جهان روح‌ها با جهان تجربه را یک پیشرفت بنیادین می‌شمارد. این اندیشه که جهان، صرفاً پرتوی از ذات الهی است به‌کناری نهاده شد. این نوع درک طبیعت، که بشر بازیگری بر صحنهٔ نمایش جهان است همراه با این کشف خارق‌العاده جهانی، کار بزرگ مردان رنسانس می‌باشد. دریافت آنان از اختراع، مستلزم پذیرش فکر تداوم منطقی جهان بود. واقعیتی که به‌گفتهٔ فرانکاستل «توضیح می‌دهد که چرا هدف عمده این مخترعان، همان‌قدر که فهم مجموعه‌ها و خطوط کلی ساختار این جهان است به غنی‌سازی مجموعه‌ها از موارد فردی تا بینهایت هم توجه دارند و تکنیکها، که کار اصلی آنهاست قدرت مجزاسازی و گزینش امکانات عملی و هوشی را به آنها هدیه کرده است.»

نتیجهٔ دیگر این دریافت، ارتباط حوزه‌های دانش با یکدیگر بود که تا همین اواخر همچون قطعه سنگهای تکی و دور از هم یک بنا می‌نمودند؛ اما اینک همچون راههای مختلفی بودند که در نقطهٔ حقیقت به یکدیگر می‌رسیدند. آندره شاستل[2] دعوی بعضی هنرمندان سدهٔ پانزدهم را که ادعا می‌کردند در سطح هنرمندان آزاد هستند (وصیتنامه لورنتسو گیبرتی[3])، و یا برعکس، علاقهٔ بعضی محافل علمی را در بکاربندی دانش و تحقیقات تجربی ابراز می‌دارد. همهٔ این عوامل در جهت از میان بردن دیوارهای بین دانشها بود و به‌سود هنرها و تکنولوژی پیش می‌رفتند. حرکتی که نتایج آن نوعی همکاری نزدیک و صمیمیت بین دانشمندان و هنرمندان (پرسپکتیو، کالبدشکافی)، و بین محققان (دیرین‌شناسی) و هنرمندان بود، که تکنولوژی، نقش حیاتی ارتباط را در آن ایفا کرده است.

بدین ترتیب؛ اکنون می‌بایست پیشرفتهای علمی و صنعتی را، که ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند، در حال و هوای تازه‌ای بررسی کرد. ما بر مردان تازه‌ای برخورد خواهیم کرد، مردانی که دایرهٔ دید و کار آنها بسیار گسترده است و بعضی از آنها نوشته‌های ارزشمندی از خود برجای گذاشته‌اند. لئوناردو داوینچی پرآوازه‌ترین این مردان است، اما یگانه نیست. لیکن آنها در حالی که پیشرفت صنعتی را، که لااقل در پیش چشمان آنها، اگر نخواهیم بگوییم که با دست خود آنها، تحقق یافته

---

1. Francastel

۲. André Chastel تولد ۱۹۱۲ در پاریس، نویسندهٔ هنری و پروفسور تاریخ هنر مدرن در سوربون از ۱۹۵۷.

۳. L. Ghiberti ۱۳۷۸ـ۱۴۵۵، معمار و مجسمه‌ساز فلورانسی. دربهای جالبی برای کلیسا ساخته است؛ و نیز کتابی از هنر درگذشته و خلاصه‌ای از زندگی خود نوشته است.

است، هضم کرده‌اند. تنها مؤلف آن نبودند و احتمالاً فقط نقش آماده‌سازی و هدایت داشته‌اند.

اگر مراحل این «رنسانس» را با نموداری بسیار اجمالی و کوتاه بنمایانیم، بهتر خواهیم توانست مهره‌های این بازی بزرگ را در جای خاص خود قرار دهیم. چنین می‌نماید که مرحلهٔ اصلی در اواخر سدهٔ چهاردهم به پایان آمده است و نتایج آن بسیار مهم بوده است. سه «اختراع» بنیادین که، راه پیروزیهای بعدی را هموار ساخت عبارتند از: کوره‌های بلند ذوب آهن و ریخته‌گری، که گسترش استفاده از فلز را، که تا آن‌زمان بندرت مورد استفاده قرار می‌گرفت، ممکن ساخت؛ دیگر راه‌اندازی قطارها بود که حمل و نقل را از بن تغییر داد؛ و بالاخره پیدایش سیستم بازو و لنگ بود که به برکت آن ماشینیسم گامی بلند به‌پیش برداشت. پیداست که نمی‌توان همهٔ پیشرفتها را به این سه اختراع منسوب داشت اما ظاهراً این سه می‌توانند دورهٔ نخستین رنسانس را مشخص سازند.

مرحله دوم از اهمیت بیشتری برخوردار بود. این مرحله را با تقریبی می‌توان بین سالهای ۱۴۵۰ تا ۱۴۷۰ دانست. در این مرحله اختراع چاپ؛ فنر لوله (مارپیچی) ۱۴۵۹؛ قلاع‌سازی نوین ۱۴۶۱؛ نخستین شهری که طبق نقشه ساخته شد در پینتسا[۱]، ۱۴۶۲؛ چرخ نخریسی پروانه‌دار ۱۴۷۰؛ و غلتکهای نورد در ۱۴۷۰ عملی شد. بررسی دقیق نخستین آثار چاپی (که پیش از سال ۱۵۰۰ چاپ شده‌اند) اهمیت تکنولوژی را در نظر مردمان آن عهد آشکار می‌سازد. کتاب فلاویوس وژشیوس[۲] که برای نخستین بار به سال ۱۴۷۱ چاپ شد در همان سدهٔ پانزدهم به چاپ هشتم، و کتاب ویتروویوس پولیو[۳] (چاپ نخست ۱۴۸۷) به چاپ دوم، و کتاب سکستوس فرونتینوس[۴] (چاپ نخست ۱۴۸۰) به چاپ پنجم رسید؛ کتاب پلینی بزرگ هم در سال ۱۴۶۹ چاپ شد. از میان نویسندگان بعدی، کتاب پیترو دوکرشنتسی، دانشمند کشاورزی، چاپ نخست ۱۴۷۱، در همان سدهٔ پانزدهم به چاپ دوازدهم رسید و کتاب روبرتو والتوریو[5] (چاپ نخست ۱۴۷۲) به چاپ چهارم رسید. رسالهٔ باتیستا آلبرتی[۶] دربارهٔ معماری در سال ۱۴۸۵ چاپ شد. این امر نشان می‌دهد که

۱. Pienza شهرکی در توسکانی ایتالیا، زادگاه پاپ پی دوم که در سدهٔ پانزدهم طبق نقشه، بوسیلهٔ گروهی معماران طرفدار شیوهٔ فلورانسی تبدیل به شهر شد.

۲. Flavius Vegetius نویسندهٔ رومی کتابی دربارهٔ علم نظام در سدهٔ چهارم.

۳. Vitruvius Polio، معمار رومی متولد سدهٔ نخست پیش از میلاد؛ گویا به فرمان ژولیوس سزار در ساختن ماشینهای جنگی کار می‌کرد. در زمان اوگوست کتاب *architectura* خود را در ده جلد نوشت. نقطه نظرهای او در دورهٔ رنسانس مورد توجه جدی قرار گرفت.

۴. Sextus Frontinus نویسندهٔ رومی سدهٔ نخست میلادی که در سالهای ۷۵ـ۷۸ میلادی حاکم بریتانیا بود.

5. Roberto Valturio

۶. Batista Alberti (۱۴۰۴ـ۱۴۷۲) معمار، مجسمه‌ساز، موسیقیدان ایتالیایی. در ۱۴۵۰ نگارش کتاب ده جلدی خود با عنوان *De reaedificatoria* را شروع کرد که در ۱۴۸۵ به چاپ رسید.

هم نوعی نوسازی جدی تکنیک و هم یک تغییر کلی طرز تفکر به وجود آمده بود که مسائلی را که در یک سدهٔ پیش کاملاً ناشناخته بودند، می‌شد نزد دانشمندان مطرح کرد. بدون تردید، همین توفیقها سبب شده‌اند که اینک تکنولوژی می‌تواند بخش تکمیلی فرهنگ بشری به‌شمار آید، و نیز توجه حکومتها به مسائل ناشی از اهمیت‌یافتن روزافزون سیاست، اقتصاد و ارتش جلب شود.

این تحول، که اهمیت آن‌را نمی‌توان آن‌طور که هست نمایاند با موقعیتهای مساعد دیگری نیز پشتیبانی شد. تکنولوژی از دو جهت واقعاً مرکز توجه حکومتها گشته بود. از یکسو، پیشرفت تکنیک، از این پس، در واقع مرادف قدرت نظامی حکومتها بود: همهٔ این مهندسان، که یادداشتهای فراوانی از آنها بر جای مانده است، تقریباً جملگی مهندسان ارتش بودند. اینکه در ربع پایانی سدهٔ پانزدهم هنر جنگ به‌طور کامل تغییر چهره داد، نتیجهٔ دستیابی به جنگ‌افزارهای نوین آتشین بود که تولید و دستکاری آنها به‌عنوان جنگ‌افزار دفاعی، اطلاعات علمی روزافزونی طلب می‌کرد. اما دلمشغولیهای صنعتی، که غالباً اقتصادی بودند در این سطح از پیشرفت فکری رهبران، مسائل ناشناخته‌ای نبودند در همین دوران بود که نطفه‌های آیینهای مرکانتیلیسم پدید آمدند، آیینی که پیروزیهای آن در سده هجدهم هم به‌پایان نرسید. و تکنیک دقیقاً در مرکز این صنعت مرکانتیلیستی قرار داشت، صنعتی که بخش بزرگی از اروپای غربی و قارهٔ اروپا را در بر گرفت.

پیشرفت اقتصادی، که هم فرزند و هم پشتیبان پیشرفت صنعتی بود، باز نیاز به شرایط مساعد دیگری داشت. نخست اینکه بین سالیان ۱۴۵۰ تا ۱۴۷۰ از نوعی آرامش سیاسی، در مقایسه با آشوبهای پایان قرون وسطی، یاد می‌کنند. بین پایان جنگ صد ساله و نخستین لشکرکشیهای فرانسه به ایتالیا (۱۴۵۳ـ۱۴۹۴) در قارهٔ اروپا صلحی، تقریباً عمومی برقرار بود. ثروتها باز انباشته شد، زخمهای جنگها التیام یافتند. این کوشش برای بازسازی، پس از آخرین برخوردهای جنگ بورگونی، به‌نوعی استقرار پول مسکوک انجامید، که بی‌شبهه به پیشرفت اقتصاد یاری داد. کشورهای فلورانس در ۱۴۶۴، انگلستان در ۱۴۷۰، اسپانیا در ۱۴۷۱، ونیز در ۱۴۷۲، فرانسه ۱۴۷۵ دارای سیستم پولی ثابتی شدند.

شکی در این نیست که کشفیات بزرگ جغرافیایی از نتایج ارزشمند این مجموعه از پدیده‌هاست. پس از پایان‌یافتن سدهٔ پانزدهم شکل واقعی امریکا فقط در نیمه نخست سدهٔ شانزدهم مشخص گردید. کشف یک جهان نوین، محققاً تعدادی از دانشهای علمی کهن را زیر و رو کرد. از نقطه نظر صنعت، این دستاورد نوین جهان غرب، اهمیت چندانی نداشت: نوآوریها، تنها در زمینهٔ گیاه‌شناسی و کشاورزی بود که در این زمینه هم به وارد کردن برخی تیره‌های فرعی محدود می‌شد: قارهٔ نوین

احتمالاً حتی پیش از ورود کلمب به آنجا از آنها استفاده می‌کرد. اما باید گفت که مسافرت طولانی از اقیانوس، مستلزم پیشرفتهای عمده‌ای در تکنیکهای ناوبری بود که هم در مورد کشتی‌سازی و هم در حیطه کشتیرانی انجام گرفت.

بدین ترتیب اکتشافات بزرگ جغرافیایی، با اینکه از چندین نظر واجد اهمیت زیادی می‌باشند نمی‌توانند، بر خلاف تصور برخی نویسندگان، مستقیماً موجب انقلاب صنعتی گردند. به عقیدهٔ ما بیشتر باید برای یافتن آن شرایط صنعتی که این اکتشافات بزرگ را ممکن ساختند تحقیق کرد تا بر روی نتایج احتمالی این کشفیات. بدون شک کار تکنسین‌های سدهٔ پانزدهم و پیشرفتهایی که در نیمهٔ دوم این سده به آن دست یافتند بیش از کشف امریکا برای تاریخ صنعت اهمیت دارد. این واقعیت که عبور از اقیانوس اطلس بوسیلهٔ اسپانیایی‌ها انجام گرفت که عقب‌مانده‌ترین مردم اروپای غربی از نظر صنعتی بودند، تا حدی پشتیبان این نظر است. اثر کشفیات بر روی دیگر کشورهای اروپایی، تنها پس از گذشت مدت زمان طولانی، و با درجات بسیار متفاوتی انجام گرفت که بستگی به میزان برقراری ارتباط آنها داشت.

۱

مهندسان و تکنسین‌های رنسانس

مردانی را که ما «مهندسان» رنسانس می‌نامیم باید در چنین اوضاع و احوالی مورد مطالعه قرار داد. اینان گرچه به‌کار سنتی و ملال‌آوری، که ما دربارهٔ آن گفت‌وگو کرده‌ایم، بویژه در داخل کارگاههای تعطیل ناشدنی مربوط به بنای یادمانهایی نظیر کلیساهای جامع و یا بنادر و پلهایی که مورد استفادهٔ عموم بود ادامه می‌دادند، از طرف دیگر نیروی خلاقیت و ابداع، آنها را بر مسیرهای تازه‌ای می‌کشانید که به تکنیکهای نوین منجر می‌شد. اما برای اینکه دچار لغزشهای احتمالی نشویم بهتر است محدودهٔ بررسیهای خود را در چند کلمه مشخص سازیم.

اساساً باید گفت که در بین این مردان، «مخترع» به‌معنای نوین کلمه کمتر دیده می‌شود؛ و این حکم دربارهٔ لئوناردو داوینچی که به مناسبت فهرستی از چند اختراع صنعتی افسانه شده است، بیشتر صدق می‌کند تا در مورد آنهایی که توانستند پیشرفتهای فنی را هضم کنند و مسیرهای آن را تشخیص دهند و حتی تا حدودی نیز آن را به پیش برانند. اینان نمایندگان برجستهٔ روح فنی رنسانس هستند؛ کسانی که بی‌تابانه بر آن بودند که تکنیک را از حالت روشهای رایجی که به آرامی اصلاح می‌پذیرد، بیرون آورند.

به این حصر نخستین، که اهمیت آن را نباید نادیده گرفت، مسألهٔ دیگری را نیز باید افزود. مهندسان ما، از دیرباز توجهی به انواع فنون نداشتند: دایرهٔ اندیشهٔ آنها بسیار تنگ بود. هنر جنگ با تمام ابعادش، و کارهای بزرگ آبیاری در کانون توجه آنها بود، اما در پایان سدهٔ پانزدهم به نوع دیگری از چهره‌ها برمی‌خوریم: پیشرفت ماشینیسم هم در کلیت خود و هم در بعضی کاربردهای ویژهٔ آن، اندیشهٔ آنان را سخت به خود مشغول داشته بود. به همین دلیل دربارهٔ تکنیکهایی که اکنون تاریخ تمدن، بیشترین اهمیت را به آنها می‌دهد ـ مثلاً صنعت چاپ ـ در یادداشتهای آنان کوچکترین اشاره‌ای نمی‌یابیم. کارهای ساختمانی یا شهرسازی و فنون نظامی، کانونهای فعالیت آنان بودند.

از سوی دیگر می‌توان گفت که همهٔ این اشخاص به این جنبش فکری و صنعتی که به آن اشاره کردیم، بی‌توجه نبودند. عده‌ای از اول مهندس بودند و گروهی دیگر صنعتگر، در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم اینان در ابتدا تقریباً جملگی صنعتگر بودند اما این مرحله را بسرعت پشت سر نهادند و حتی شغل مهندسی خود را نیز رها کردند تا در پایان به نوعی دید کلی از جهان برسند. بدین ترتیب می‌توان گفت که کار آنها از نظر ارتباطی که بین رشته‌های مختلف دانش بشری ایجاد می‌کرد، بسیار جالبتر بود تا یک تکنسین صرف.

در پایان سدهٔ پانزدهم و در سالیان نخستین سدهٔ شانزدهم یکپارچگی دانش، بار دیگر نوید داده می‌شد، زیرا تحقیقات عمیقتر نیاز به تخصص داشت در این موقع صنعتگر در پیشهٔ خود غرق بود گرچه دانش و تکنیک، لااقل به‌طور گذرا و ناکامل به یکدیگر مربوط مانده بودند، گالیله را شاید بتوان واپسین دانشمند صنعتگر به‌شمار آورد. از این پس افق دید تکنسین‌ها بازتر شد. تنها یک سده پس از این زمان بود که این افق باز توانست از پیشرفت علمی که در بدو آن نقش برتر را داشت کمال استفاده را بکند. دفترچه‌های فنی که این جنبش را پی گرفتند، جنبشی که با لئوناردو داوینچی به اوج خود رسید، از این پس به تکنیکهای کاملاً مشخص پرداختند: دفاتر مربوط به معادن و فلزکاری نوشتهٔ آگریکولا، بهترین گواه این ادعاست.

کار گردآوری نوشته‌های این مهندسان، که در تمام کتابخانه‌های اروپا پراکنده می‌باشند متأسفانه بسیار ناشیانه و ناقص انجام گرفته است. با این همه ما برای یک بررسی ارزشمند، عناصر بسیار فراوانی در دست داریم.

این مهندسان اهل آلمان جنوبی و برخی شهرهای ایتالیا هستند. چنین می‌نماید که در این مناطق است که تکنیک، پیشرفتهای قطعی داشته است. دلیل این کار معلوم نیست. می‌توان گفت از آنجایی‌که آلمانیها غرق در مسائل نظامی خود بودند و بنابراین قریحهٔ اختراع در آنها محدود

می‌شد، ایتالیاییها خیلی زود خود را از این تنگنا رهانیدند و تا مرزکمال لئوناردو داوینچی به پیش تاختند. درکشورهای دیگر، حتی در فرانسه هم، که نوعی پیشرفت قطعی تکنیک به‌چشم می‌خورد کسی را یارای همدوشی با آنان نبود.

مکتب آلمانی؛ کایزر و جانشینانش

اهمیت این نهضت تحقیقاتی، که دامنهٔ آن از محفل بنیانگذاران آن بسیار فراتر رفت، از دست نبشته‌های اولیهٔ باقی ماند از این دوره بی‌درنگ درک می‌شود که در حقیقت کار این مؤلف نخستین، کنراد کایزر[1]، در نسخه‌های زیادی تکثیر شد و حتی به‌نظر می‌رسد که به زبانهای آلمانی و لاتین به «چاپ» رسیده باشند. این نسخه‌ها در سراسر سدهٔ پانزدهم از چنان اقبالی برخوردار شدند که تصاویر آنها در چاپهای اولیهٔ کتاب آقای وژشیوس دیده می‌شوند. لیکن از خود مؤلف، کنراد کایزر، اطلاع زیادی در دست نیست. وی گویا در ۱۳۶۶ در آیش شتات[2]، شهرستان کوچکی در باواریای فرانکونیا، نیمه راه بین مونیخ ـ نورنبرگ زاده شده است. حوادث سیاسی و نظامی پس از سال ۱۳۹۶ کنراد کایزر را ناچار به کوچ به کوهستانهای بوهم ساخت. در آنجا بود که او کتاب خود را تحریر کرد و آن را به سال ۱۴۰۵ به امپراتور روپرشت[3] پالاتینایی هدیه داد.

آقای پیردوهم[4] معتقد است که ما در این اثر، با یک نویسنده روبه‌رو نیستیم بلکه شاهد پیشرفتهای چندین سده می‌باشیم. آقای کایزر را می‌توان مغز ساده‌ای دانست که به اختراع ماشینهای بسیار پیچیده توفیق یافته باشد. نام او چنان بلندآوازه شد که نوشته‌هایش همچنان به‌عنوان اصول دانش ماشینها شناخته می‌شود. تصاویر وسایل گوناگون به‌کار رفته طی بیش از یک سده این ادعا را تأیید می‌کنند. آقای کایزر قبل از هرچیز یک مهندس نظامی بود وکتاب او با عنوان *Bellifortis* (دزهای جنگی) بخصوص برای فرماندهان ارتش نگاشته شده است: برخی ماشینها، که به ظاهر کاربرد غیرجنگی دارند، بویژه ماشینهای هیدرولیک، درواقع در میدانهای جنگ به‌کار می‌آیند.

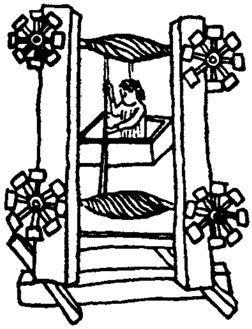
توپخانهٔ او هنوز مراحل ابتدایی را می‌پیمود، تربوشه جای مهمی را در آن میان اشغال می‌کرد. توپها، سنگین وکمتر قابل حمل بودند و با کمک جراثقالهایی روی ارابه‌هایی قرار می‌گرفتند. معذلک چنین می‌نماید که زنبورکها دارای درجه بودند. افتخار ساخت نخستین زره‌پوشها و مسلسل را به کایزر داده‌اند. تصاویر ماشینهای نردبام‌دار، در همهٔ کتابهای نظامی مربوط به اوایل این سده دیده می‌شود.

تکنیکهای هیدرولیک محتملاً بیشتر جالب توجه می‌باشند. به تلمبه‌های محوری هیچ اشاره‌ای

1. Konrad Kyeser 2. Eichstadt

۳. Ruprecht امپراتور پالاتینا (ناحیهٔ میان رود راین تاسار فرانسه و شمال آلزاس) در سالهای ۱۴۰۰ـ۱۴۱۰.

۴. P. Duhem، (۱۸۶۱ـ۱۹۱۶) فیزیکدان و نویسندهٔ فرانسوی تاریخ علم، پایه‌گذار نظریهٔ انرژتیک.



شکل ۱.آسانسور از کتاب کایزر، حدود ۱۴۰۰ (گوتینگن Cod. Phil. 63)

نرفته است، لیکن ناعوره و پیچ ارشمیدس شرح داده شده‌اند، نوعی آسیای آبی دارای پره در بالا، یک آسیای بادی معمولی بر روی سه‌پایه و بدون هیچ وسیلهٔ فوق‌العاده‌ای رسم شده‌اند. در مکانیسمهایی که برای ماشینهای مختلف به‌کار گرفته شده‌اند ویژگیهایی دیده می‌شود: در تخماقها از دسته به‌عنوان فنر استفاده شده است. لیکن سیستم بازوولنگ مخصوصاً در یک آسیای دستی برای نخستین‌بار به‌چشم می‌خورد. این آسیا، همچنین فلکه‌ای دارد تا دشواریهای ناشی از نقاط مرگ مرتفع شود. دستگاههای بالابر فاقد هرگونه نوآوری هستند. بعدها کارهای مربوط به شوره‌سازی را بررسی خواهیم کرد.

می‌توان گفت که کتاب کایزر مجموعه‌ای از ماشینها و ابزاری است که بیشتر آنها از زمانهای گذشته شناخته شده بودند. چنانکه ساختمان بعضی از ماشینهای جنگی نشان می‌دهند، هنوز از قرون وسطی فاصلهٔ زیادی نگرفته‌ایم. مع‌ذلک اندیشه‌های نوینی که نشانهٔ پیشرفتهای بزرگی می‌باشند در آن کتاب وجود دارند که از آن جمله می‌توان از همین سیستم بازو و لنگ نام برد که به‌علل صرفاً مادی رواج آن مدتها به طول انجامید و همچنین درجهٔ توپ را باید ذکر کرد. در بعضی از رشته‌ها هنوز کوشش پیگیری وجود نداشت و به‌جای تتبعات خالص، بیشتر به تهیه یک جُنگ می‌پرداختند.

کتاب دیگر آلمانی، یادداشتی از مشاهدات انجام گرفته است که شباهتی با کتاب کایزر ندارد. تنها یک دست‌نویس از آن موجود است. محققان آلمانی به مصنف آن، عنوان «مؤلف گمنام جنگ هوسیها»[1] را داده‌اند؛ این وجه تسمیه به‌علت اشاره‌ای است که در آن کتاب به این جنگ رفته است.

۱. Hus اصلاح‌طلب مذهبی چک‌واسلواکی (۱۳۶۹ـ۱۴۱۵) پایه‌گذار دانشگاه پراک است. هوس در ۱۴۱۲ تکفیر شد و سپس چون شورای مذهبی کونستانس او را محکوم کرده بود، سوزانده شد. طرفداران او، هوسیها تا سال ۱۴۳۴

این مؤلف نیز یک مهندس جنگی است، و مغزکنجکاوی است که غالباً شنوده‌ها را به‌تحریر کشیده است. بالابرها درکتاب این شخص، متنوع‌ترین وسیله است که اصیلترین آنها، وسیله‌ای است که برای بالاآوردن گاریهای سنگ معدن می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این گاریها روی خط آهن تا سطح زمین بالا کشیده می‌شوند. توپی که در این کتاب رسم شده است که درکتاب کایزر شرح داده شده است، همان است تربوشه هنوز در این کتاب، که تاریخ نگارش آن حدود سال ۱۴۳۰ می‌باشد، شرح داده شده است. ماشینهای قلعه‌کوب نیز فراوان دیده می‌شوند درحالی‌که هیچ چیز تازه‌ای با خود ندارند. پلهای «پیش ساخته» برای گذر از خندقها در همان کتاب کایزر هم وجود داشتند.

آسیای آبی نیز از انواع گوناگون می‌باشند؛ یکی از آنها، چرخی افقی دارد. دستاسها مجهز به بازو و لنگ و حتی چرخ طیار می‌باشند. نوآوریهایی نیز دیده می‌شود که از آن جمله می‌توان از ماشینی نام برد که با سوراخ کردن چوب از آنها لوله می‌سازد. اظهار شده است که این ماشین در نورنبرگ ساخته شده است و نیز ماشینی که زمین را حفر می‌کند. متهٔ این ماشین بسیار تخیلی می‌نماید، در همین دست‌نویس، می‌توان نخستین دستگاه پرداخت جواهرات را نیز یافت. شکلی که بسیار جالب ولی ساختن آن نیز به همان اندازه تردیدآمیز است، نوعی لباس غواصی است. انسان احساس می‌کند که طراح آن بیشتر یک غواص دارای ابتکار بوده است تا یک صنعتگر نوآور. بدین جهت احتمال دارد که طراح آن ویلاردو اونکور باشد نه شاگردان بلافصل او.

می‌توان گفت که مکتب آلمانی اصیل به پایان می‌رسد. تعداد فراوانی دست‌نویس مربوط به هنر جنگ از سراسر سدهٔ پانزدهم در دست است. این دست‌نویسها بویژه مربوط به سلاحهای آتشین است و مسیر تکامل توپخانه را در آن می‌توان یافت. همهٔ این وسایل از نظر تکنولوژی دارای اهمیت یکسان نیستند. ما فرصتی خواهیم یافت که دوباره به این مطلب بازگردیم بدون اینکه در اینجا، در مورد آنها، که شباهتهای بسیاری نیز با یکدیگر دارند، وارد جزئیات شویم. ما «کتاب منزل» خانوادهٔ فون والبورگ ـ ولفگ[1] دارای تاریخ ۱۴۷۰ را به‌خاطر می‌آوریم. این دست‌نویس درحقیقت از مطالب گوناگونی ترکیب شده است که برخی از آنها برای نویسندگان تاریخ صنعت سودمند می‌افتند؛ ولی بیشتر رنگ تاریخ هنر را دارند. با این همه از چرخهای پره‌دار و بخصوص از نقاشیهای جالب معادن یاد می‌کنیم که بار دیگر به آنها خواهیم پرداخت. این مجموعه را بیشتر می‌توان مجموعه‌ای از طرحهای هنرمندانه دانست تا یک دفترچهٔ یادداشت مهندسی. ردیفی از

با حکام محلی می‌جنگیدند.

1. Von Walburg Wolfegg

دست‌نویسها، که در کتابخانه‌های آلمان جنوبی یا اتریش نگهداری می‌شوند، کاملاً ویژه هستند. این دست‌نویسها مربوط به جنگ هستند که گاهی وسایل جنگی را نشان می‌دهند و زمانی نقاشیهای کوچکی از جنگهای حقیقی هستند. در دست‌نویسی که در کتابخانه هایدلبرگ نگهداری می‌شود و به سال ۱۴۹۶ تعلق دارد، باز ما با تربوشه برخورد می‌کنیم.

مکتب ایتالیایی نسل نخست

از همان ابتدای تشکیل مکتب ایتالیایی ما می‌توانیم برتری تکنیکهای این شبه‌جزیره را آشکارا ببینیم شرح جوّ علاقه‌مندی پرشور این نسل نخست به تکنیک، کاری بس دشوار است. هیچ‌یک از مهندسان از خود یادداشتی به‌جای نگذاشته‌اند، اما وجود اشتیاق فراوان به پیشرفت تکنیک پیشرفتی بی‌پایان، در آنها مشهود است.

برونلسکی[1] (۱۳۷۷ ـ ۱۴۴۶) نمونه یک هنرمند و صنعتگر رنسانس است. پرورش او خود شاهدی بر این ادعاست. برونلسکی، مانند بیشتر اخلاف خود، از جواهرسازی، تندیسگری و احتمالاً ریخته‌گری شروع کرد و سرانجام معمار شد. مع‌ذلک علاوه بر اینها او تکنسین هم بود. باید گفت که او گنبد کلیسای جامع سانتاماریا دل فیوره، واقع در فلورانس را مرمت نکرد، چون گنبدی نداشت، بلکه با روش جدیدی آن را ساخت. برونلسکی در اختراع انواع ماشینها نیز پربار بوده است، به‌طوری که بعضی از طرحهای او در این رشته، در یادداشتهای مهندسان دیگر یافت می‌شود.

فونتانا[2] (۱۳۹۳ ـ ۱۴۵۵) ما را به جهان دیگری می‌برد که گوشه‌ای از آن را می‌توان در کار تکنسین‌های سدهٔ بعد یافت. مراحل پیشرفت کار او با چیستانهای متعددی مشخص می‌شوند. او در سال ۱۴۱۸ پزشکی و هنر را در پادوا آموخت. او پزشک قانونی جمهوری ونیز بود و با همین سمت نیز در برشا[3] اشتغال داشت. کتاب او بیشتر جنبهٔ عملی دارد و بویژه به تاریخ طبیعی می‌پردازد. مع‌ذلک نشان می‌دهد که به مسائل صنایع نظامی نیز علاقه دارد. آن بخش از کتابهای او، که مجموعه طرحهای او دربارهٔ ماشینها را تشکیل می‌دهد، با رمز نوشته شده است. می‌توان گفت که این کتاب مجموعهٔ طرحهایی از ماشینهاست، که مانند کتاب کایزر، نمایشگاه اولیهٔ ماشینهای سدهٔ بعد است نه یک رسالهٔ تحقیقی؛ نوشته‌ای از یک انسان کنجکاو است نه یک تکنسین. کیفیت طرحهای او آشکارا برتر از دست‌نوشتهای آلمانی معاصر او می‌باشد، زیرا اندیشه‌هایی که در آن طرحها گنجانیده شده‌اند، اصیلتر می‌باشند. اصالت این اندیشه‌ها بخصوص در مورد برخی

---

1. Brunelleschi 2. Fontana

۳. Brescia شهری است در لمباردی، واقع در شمال ایتالیا.

مشکلات هیدرولیک دیده می‌شود که گویا مؤلف در نظر داشته است کار خود را تا مرزهای یک کار نظری ارتقا دهد، و همچنین گویا برخی اصول فیزیک را نیز می‌دانسته است. کتابخانهٔ ملی پاریس رساله‌ای در فیزیک دارد که با همان الفبای رمزی نوشته شده است.

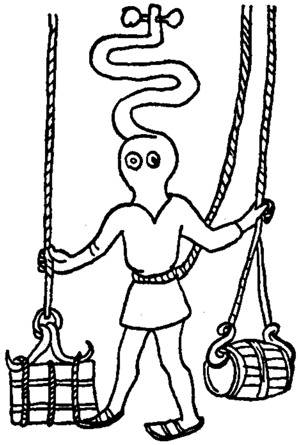
جاکوپو ماریانو («ایل تاکولا»)[1] به سال ۱۳۸۱ در سینا زاده شده است. نخستین‌باری که در تاریخ، ما از این شهر نام می‌بریم، به این مناسبت است که زادگاه چنین مهندس درخشانی است. جاکوپو پسر تاک نشان ساده‌ای بود و می‌گویند خود او نیز بهره‌ای از سواد نداشت. شغل او صرفاً مهندسی در نظام بوده است و پیش از سال ۱۴۵۸ مرده است. کتاب ماشینهای او نیز مجموعه‌ای ناموزون است. طرحهای او نزدیک به طرحهای دستنوشتهای آلمانی هستند که شرح آنها گذشت. اهمیت تاکولا در پیشرفت صنایع نظامی جالب توجه است. آوازهٔ او بسیار زیاد و نفوذ او عمیق بود. در آینده، ما دربارهٔ این نفوذ بارها صحبت خواهیم کرد. احتمال دارد او نخستین کسی باشد که دژهای نوین دارای خاکریز را در نظر داشته است؛ و نیز محتمل است که او بود که برای نخستین‌بار از مین و باروت جهت خراب کردن دژها استفاده کرده است. گرچه اثبات این دعاوی دشوار است. به‌هرتقدیر جاکوپو متفنن مبتکری در استفاده از انواع ماشینها بوده است و لقب «ارشمیدس سینا» که به او داده شده بود، ما را متوجه می‌سازد که معاصرانش از هوش مکانیکی توأم با ذوق علمی او شگفت‌زده بودند. در نوشته‌هایش کمی خودبینی به‌چشم می‌خورد، چیزی که لئوناردو نیز از آن فارغ نبود. او می‌نویسد: «من مقداری از آنچه را که می‌توانم انجام دهم ظاهر نکرده‌ام» و گویا خطاب به شاگردان خود در سیناست که می‌گوید: «فکر نکنید من بدون گرفتن مزد، کاری انجام می‌دهم».

باتیستا آلبرتی (۱۴۰۴ ـ ۱۴۷۲) بدون تردید چهرهٔ یکی از نخستین مهندسان رنسانس را دارد. او عضوی از خانواده‌های اشراف فلورانس بود که به کشمکشهای سیاسی علاقه داشت. آلبرتی، بر خلاف جاکوپو، انسانی کاملاً فرهیخته بود. ریاضی را در بولونیا آموخت، در علوم طبیعی استخوان خرد کرد و در سراسر زندگانی خود به آموختن علم عطش فراوان داشت. دلبستگی او به ریاضیات مشوق پیشرفت بعدی او در صنعت است. تردیدی نیست که او بیشتر یک معمار بود تا مهندس، با این همه دفتری درباره بیرون کشیدن کشتیهای رومی از دریاچه نمی[2] نگاشته است. تاکولا نیز برای این کار گویا چند طرح داشته است. تأثیر او بر روی تربیت معماران و شهرسازان دوران رنسانس، انکارناپذیر است. رسالهٔ معماری او، که از نخستین کتابهای صنعتیِ چاپ شده است، در کتابخانهٔ هر مهندس ربع پایانی سدهٔ پانزدهم دیده می‌شد.

---

1. Jacopo Mariano « il Taccola »

۲. Nemi: دریاچه‌ای در بلندیهای آلبان، جنوب شرقی آلبانو.



شکل ۲.لباس غواصی طرح تاکولا، حدود ۱۴۴۰ (مونیخ SB,lat. 197)

چهره‌های دیگری از گروه مردان رنسانس نخستین ایتالیا را می‌توان برشمرد که به صنعت علاقه داشتند؛ گرچه باید گفت که آنها بیشتر هنرمند بودند تا مهندس. فیلارته (آنتونیو دی پیترو آورلینو)[۱] نیز دربارهٔ معماری دفتری دارد، اما این دفتر به‌اندازهٔ کتاب آلبرتی اصیل نیست. فیلارته دانش آلبرتی را هم ندارد و به او بسیار مدیون است. لورنتسوگیبرتی[۲] (۱۳۷۸ - ۱۴۵۵) یک مفرغ ریز بود و تا همان حدودی که ذهن مردان این نسل به امر توپ‌ریزی مشغول بود به مسائل فنی این رشته می‌پرداخت. از میان نقاشان، توجه ویژه‌ای به پائولو اوتچلو[۳] (۱۳۹۶ - ۱۴۷۵) باید داشت که گرچه پرسپکتیو را اختراع نکرد اما گرایشهای هندسه را در هنر خود وارد ساخت که پیروان او از آن سود فراوان بردند. پیرو دلا فرانچسکا[۴] (۱۴۰۶ - ۱۴۹۲)، پلی بین دو نسل است. کتاب او دربارهٔ نقاشی هندسی، که نوعی ادامهٔ اندیشه‌های آلبرتی است حدود سال ۱۴۶۰، نگارش یافته است.

اهمیت کاری که نسل نخست اندیشمندان رنسانس انجام داده، آشکار است. این مردان، که هر یک در رشته‌ای فعال بودند: پزشکی، نقاشی، مهندسی، معماری، ریخته‌گری ... به کمک یکدیگر توانستند درک کاملتری از طبیعت به‌دست دهند و در حل مسائل فنی تشریک مساعی نمایند. کارکردهای آنها هرچند که جالب باشند (برخی از آنها بعدها مورد مطالعه قرار خواهند گرفت)، نباید ما را از آن فضای فکری پرورش‌دهندهٔ آنها غافل دارد. وجود تحقیق منسجمتر، درک بسیار روشنتر از پیشرفت و نیز داشتن ارتباط با دیگر رشته‌های فعالیت انسانی، همگی دلالت دارند،

۱. Antonio di Pietro Averlino, Filarete معمار، مجسمه‌ساز ایتالیا متولد فلورانس ۱۴۰۰-۱۴۶۵.

2. Lorenzo Ghiberti 3. Paolo Uccello 4. Piero della Franceska

که در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم پیشرفت قابل توجهی انجام گرفته است.

مکتب ایتالیایی نسل دوم

جوّ اجتماعی، سیاسی و معنوی نیز از این شکفتگی اندیشه‌های صنعتی متأثر شد، و این تأثیر را می‌شد در همان ابتدای پیدایش صنعت چاپ، در جهان غرب پیش‌بینی کرد. در هیچ کجا به‌اندازهٔ ایتالیا شرایط برای این تأثیر مساعد نبود. زوال جمهوریهای شهری و برآمدن خانواده‌های امیری به تغییر شکل وسایل نظامی و شکوفایی یک فرهنگ علمی و هنری جدید یاری کرد.

در ریمینی[۱] خانوادهٔ مالاتستا بر زندگی شهر تسلط داشتند. سیگیسموندو مالاتستا[۲] ممکن است نخستین مرکز فرهنگی از این نوع را ایجاد کرده باشد. این شخص فرمانده جنگی و همچنین یک مهندس نظامی بود: گرچه او هیچ یادداشتی از خود به‌جای نگذاشته است، اما کارهای او بی‌تردید در تحول طرحهای دژسازی اهمیت دارند، که از آن جمله می‌توان از دژهای رودس و راگوزا[۳] نام برد که گویا طبق نظر او ساخته شده‌اند و به‌هر تقدیر روکا مالاتستینا[۴] (۱۴۳۸ ـ ۱۴۴۶) را ساخته است که طرح آن هنوز، بسیار قرون وسطایی است. سیگیسموندو که درپی جلب دانشمندان، معماران و تکنسین‌ها به دربار خود بود، گویا در دژسازیهای خود دین زیادی به آلبرتی دارد که برای کار به ریمینی آمده بود.

روبرتو والتوریو(متولد ۱۴۱۳) نیز به دربار سیگیسموندو پیوسته بود. او به یک خانوادهٔ کهن ماچراتا[۵] که در ریمینی اقامت داشتند تعلق داشت. این شخص پیش از اینکه در ۱۴۴۶ به ریمینی بازگردد در واتیکان متصدی مشاغل اداری گوناگونی بود. والتوریو به درخواست امیر خود رساله‌ای دربارهٔ هنر جنگ نگاشته است. این رساله، عمدتاً یک نوشتهٔ ادبی است تا صنعتی. گویا والتوریو به‌عنوان یک منشی ساده، اندیشه‌های امیر خود را به رشته تحریر درآورده است. این رساله به سال ۱۴۵۵ به پایان رسید. چنانچه تعداد دست‌نویسها و این واقعیت را پایه داوری خود قرار دهیم که این رساله، نخستین اثر تکنیکی نوین است که به چاپ رسیده است (۱۴۷۲)، می‌توان گفت که این رساله توجه زیادی را به خود جلب کرده بود. مستخرجانی از کتاب تاکولا در چندین جای این کتاب دیده می‌شود. خانوادهٔ اسفورتسا[۶] در میلان نیز چنین نقش داشتند، و به نظر می‌رسد که

۱. Rimini شهری در شمال ایتالیای مرکزی، بندر دریای آدریاتیک، که از سال ۱۲۹۵ خانوادهٔ مالاتستا، زمامدار آنجا شد.

2. Sigismondo Malatesta

۳. Ragusa نام کنونی آن دوبروونیک، شهری در شمال غربی یوگوسلاوی، کنار دریای آدریاتیک.

4. Rocca Malatestina 5. Macerata 6. Sforza

افق اندیشه آنان پهناورتر از خانوادهٔ مالاتستا بوده است. فرانچسکو اسفورتسا، که از سال ۱۴۵۰ تا ۱۴۶۶ حکومت داشت، آغازگر این گرایش بود. علاوه‌بر جنگ، کارهای بزرگ آبیاری در مرکز توجه او بودند. طرحهای جلوگیری از طغیان رودخانهٔ پو، و ایجاد راههای آبی قابل کشتیرانی برای شهر میلان نیز از کارهای او می‌باشد. کانال مارتزانا[1] که میلان را با دریاچه کومو[2] متصل می‌ساخت بین سالهای ۱۴۵۷ ـ ۱۴۶۰ با سرپرستی برتولا دانوواته[3] ساخته شد، سپس کانالی بین پاویا و پو احداث گردید. فیلارته از کسانی بود که در میلان کار می‌کرد. گویا مخترع آینه‌های مجهز به دریچه‌های متحرک که در این حین ساخته شدند، شخصی به نام ارسطو فیوراوانتی[4] اهل بولونیا بوده است. ارسطو، پسر این شخص که در این سالها تازه به‌کار پرداخته بود، متخصص انجام کارهای دشوار بود؛ همین شخص برج پلاتسادل پودستا[5] در بولونیا را بنا کرد و در سال ۱۴۵۵ برج کلیسایی را که بیش از ۴۰۰ تن وزن داشت، جابه‌جا نمود. اسفورتسا تا زمان مسافرت به روسیه به ساختن این کانالها اشتغال داشت و در روسیه با عنوانهای معمار، مهندس، ریخته‌گر ناقوس و توپ و سکه‌زن انجام وظیفه می‌کرد.

اوربینو، که مقر حکومت خاندان مونته فلترو[6] بود، بویژه در دوران فردریک‌دوم (۱۴۲۲ ـ ۱۴۸۲) و پسرش گوییدو بالدو[7] (۱۴۷۲ ـ ۱۵۰۸) بسیار اهمیت داشت. خاندان مونته فلترو نیز خاندان مالاتستا فرماندهان جنگی خوبی بودند و بدین‌علت مهندسان نظامی نامبرداری مانند: لوچیانو[8] پیپوایل فیورنتینو[9]، فراکارنواله[10]، سیزوداکاستل دورانته[11]، باتچوپونتلی[12] و بخصوص فرانچسکو دی جورجو مارتینی[13] کبیر را در دربار خود گرد آورده بودند. اما فردریک شخص با فرهنگی نیز بود. او در مانتوا[14] نزد ویتورینو دافلتره[15]، نحوی دارای مشرب اومانیست تعلیم یافته بود. در دربار او هنرمندان، دانشوران و نیز نویسندگان پذیرفته می‌شدند. پیرو دلافرانچسکو کتاب خود در دربار او نگاشت؛ لوکا پاچولی[16] نزد او کار می‌کرد. بدین ترتیب در همجوشی هنرمندان و صنعتگران و دانشوران در سراسر ایتالیا که در نسل پیشین آغاز شده بود، در این دوران به کمال رسید. کتابخانهٔ پرعظمت اوربینو شامل مجموعه کتابهای کلاسیک باستانی

1. Martesana Canal

۲. Como دریاچه‌ای به طول ۵۰ کیلومتر و عرض ۰/۵ تا ۳/۵ کیلومتر در لومباردی، در شمال ایتالیا و دامنه‌های آلپ.

3. Bertola da Novate 4. Fioravanti 5. Palazza del Podesta 6. Montefeltro 7. Guidobaldo 8. Luciano 9. Pipo il Fiorentino 10. Fra Carnevale 11. Sirroda Castel Durante 12. Bacio Pontelli 13. Francesko di Giorgio Martini

۱۴. Mantua شهری در ناحیه لمباردی ایتالیا.

15. Vittorino da Feltre 16. Luca Pacioli

همراه با آخرین آثار بود.

در میان اعضای گروه اوربینو، فرانچسکو دی جورجو مارتینی (۱۴۳۹ ـ ۱۵۰۲) گویا برجسته‌تر از دیگران بود. این شخص که اهل سینا و از خانوادهٔ کوچکی بود، نقاشی و پیکرسازی را بدون تردید در اورویتو[۱] نزد آنجلینو دافیزوله[۲] آموخته بود. استاد او در معماری لورنسو دی پیترو[۳] (۱۴۱۲ ـ ۱۴۸۰) بود که نخست نقاش و دوست دوناتلو[۴] بود و سپس به معماری و مهندسی گرایید (دژهای سارتانئو[۵] و اوربتلو[۶] را او ساخت). فرانچسکو شغل خود را با پیکرسازی آغاز کرد. در سال ۱۴۶۹ مأموریت تأمین آب، ساختن مخازن آب و آکدوکهای شهر سینا به او سپرده شد. در سال ۱۴۷۷ فردریک‌دوم او را به اوربینو دعوت کرد و ساختن تعدادی دژ و نیزگویا به پایان رسانیدن کاخ باشکوه اوربینو را به او واگذاشت. فرانچسکو سالهای ۱۴۷۷ تا ۱۴۸۰ را در نگارش کتابی دربارهٔ معماری، شهرسازی، استحکامات و مکانیک برای ارباب خود صرف کرد؛ کتابی که گرچه تا سدهٔ نوزدهم چاپ نشد ولی بلندآوازه گردید. فرانچسکو در سال ۱۴۸۵ به سینا بازگشت و بناهای نظامی شهر به او واگذار شد. از این پس او وقت خود را بین کار و مشورت، که از همه‌جا از او درخواست می‌شد، تقسیم کرد. بدین ترتیب به سال ۱۴۹۰ از او دعوت شد که نظرات خود را دربارهٔ ساختن گنبد میلان، و بعد برای ساختن کلیسای جامع پاویا، بیان دارد. در این هنگام بود که با لئوناردوی جوان آشنا شد.

کتاب معماری او بدون تردید ازکتابهای آلبرتی و فیلارته، بخصوص از آلبرتی، اقتباس زیاد دارد. نظرات مربوط به شهر ایده‌آل و محلهای ساختمانهای عمومی اصلی از آلبرتی اخذ شده است. بخش مربوط به هیدرولیک و مکانیک این کتاب، که هنوز چاپ نشده است، اصیلتر می‌باشد، گرچه در آن بخش هم نفوذ افکار تاکولا تا حدی به‌چشم می‌خورد. وسایل و ابزارهایی که در این کتاب توضیح داده شده‌اند، غالباً از وسایل ارائه شده بوسیله لئوناردو، پیشرفته‌تر می‌باشند. نقشه‌های او از چنان روشنی، دقت و پرسپکتیوی برخوردارند که فرانچسکو را پیشقراول بدون منازع نقشه‌کشی ماشینها معرفی می‌کنند. فرانچسکو دی جورجو، که هنرمند نامبردار و مهندس پرقریحه‌ای بود، بی‌شبهه یکی از چهره‌های بسیار برجستهٔ تکنسین‌های رنسانس است. شاید فاقد کنجکاویهای روشنفکرانه، عملی و فلسفی باشد، که در لئوناردو وجود داشت، اما همگان می‌دانند که لئوناردو شخص فوق‌العاده و بی‌نظیری بود. برای اینکه شخصیت او بیشتر شناخته شود شاید لازم آید دفاتر

۱. Orvieto شهری در اومبریا، ایتالیای مرکزی.

2. Angelino da Fiesole

۳. Lorenzo di Pietro معروف به ایل وکیتا (il Vecchietta) نقاش، مجسمه‌ساز و زرگر سینایی (در ایتالیای مرکزی).

4. Donatello 5. Sartaneo 6. Urbetello

و یادداشتهایش با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد و چاپ دقیق و لااقل کاملی از کتاب او، که تاکنون به چاپ نرسیده است، به‌عمل آید. نویسندگان زندگینامهٔ او بیشتر مجذوب کارهای هنری و معماری (حتی معماریهای نظامی) او شده‌اند تا اندیشه‌های مکانیکی او.

جولیانا دافرنچسکو جامبرتی (معروف به سنگالو)[1] (۱۴۵۵ ـ ۱۵۱۵) متولد فلورانس کمی مسنتر از لئوناردو می‌باشد. پدرش نجار، مبلساز و در پایان عمر، معمار بود. او در استحکامات ساردزانا[2] و پیترا سانتا[3] کار می‌کرده است. در سال ۱۴۶۴ جولیانو در ساختمان کاخ ونیز در روم و سپس (۱۴۷۰) در واتیکان به‌کار پرداخت. حدود ۱۴۷۸ او یک مهندس نظامی بود و با همشهریان خود از کاستلینا[4]، که بوسیله جولیانو دلا رووره[5] با یاری فرانچسکو دی جورجو محاصره شده بود، دفاع می‌کرد. در سال ۱۴۸۳ دژ بندر اوستیا را بنا کرد. این دژ مرحلهٔ بینابینی قلعه‌سازی قرون وسطایی و سیستم استحکاماتی نوین را دارد. جولیانا سپس به هر جا سر کشید و تا فرانسه هم آمد. او در اواخر زندگی خود بشدت به کارهای بزرگ نظامی پرداخت و در سال ۱۵۰۹ محاصرهٔ قلعهٔ پیسا و در سال ۱۵۱۱ قلعه میراندولا[6] را رهبری می‌کرد. نقشه‌های معماری و ماشینهای او بر روی کارهای فرانچسکو دی جورجو تأثیر زیادی داشت.

برادر او آنتونیو (۱۴۵۵ ـ ۱۵۳۴) نیز همین اشتغالات را داشت. او کار خود را در روم در قلعهٔ سن‌آنجلو[7] آغاز کرد و آن را با باروهای مثلثی احاطه نمود و سپس، به سال ۱۴۹۴ در چیویتا کاستلانا[8] به‌کار پرداخت؛ از این پس در تمام ایتالیای مرکزی، کارهای نظامی گوناگونی را انجام داده است.

لئوناردو داوینچی (۱۴۵۲ ـ ۱۵۱۹) کار خود را از کارگاه وروکیو[9] آغاز کرد. در اینجا او با تکنیکهای ریخته‌گری نیز آشنا شد و تجربیات ارزنده‌ای به‌دست آورد. در ۱۴۸۲ نامهٔ مشهور خود به لودوویکو اسفورتسا[10] را تحریر کرد که طبق آن لئوناردو، مانند سلف خود، یک مهندس نظامی با علایقی مشابه فرانچسکوی دی جورجو می‌باشد. بدین ترتیب؛ شگفت‌آور نیست که او را در طرحهای آبیاری دشت پو و نیز در کارهای دژ اسفورتسا در میلان شریک ببینیم. او از سال ۱۴۸۲ تا ۱۴۹۹ در سمت مهندس در میلان اشتغال به‌کار داشت و در اینجا بود که با فرانچسکو دی جورجو

1. Giuliano da Francesco Giamberti ("da San Gallo") 2. Sarzana 3. Pietra Santa 4. Castellina 5. Juliano della Rovere 6. Mirandola 7. Saint-Angelo 8. CivitaCastellana

۹. Verrocchio اندرئادی میکله چونه (۱۴۳۵ـ۱۴۸۸)، پیکرتراش، نقاش و زرگر ایتالیایی، متولد فلورانس.

۱۰. Sforza لودوویکو (۱۴۵۱ـ۱۵۰۸)، فرمانروای میلان از ۱۴۸۰ـ۱۵۰۰.

(که قبلاً کتاب او را خوانده بود) ملاقات کرد. رونوشتی از این کتاب با حواشی دست‌نویس لئوناردو هنوز وجود دارد. لئوناردو دوست ریاضیدانانی نظیر لوکا پاچولی (که کتاب او را مصور گردانیده است) و جورجو والا[1] نیز بوده است.

بدین ترتیب می‌بینیم که تعلیم و تربیت لئوناردو به‌اندازهٔ همهٔ مهندسان معاصرش، کلاسیک بوده است. او برخی از این افراد را می‌شناخت و آثار آنان را خوانده بود، از آنجمله کتاب تاکولا بود که چندین نقشه از آن‌را اقتباس کرده است. اطلاعات او دربارهٔ ریخته‌گری، طبعاً او را به برطرف ساختن مشکلات توپ‌ریزی برانگیخت. اصالت اندیشه‌های فنی لئوناردو مدتها مورد گفت‌وگو بوده است. تردیدی نمی‌توان داشت که برخی از نقشه‌های او مستقیماً ملهم از پیشینیانش بوده‌اند. معذلک به‌نظر می‌رسد که او از چارچوب محدود آنان، بویژه در رشتهٔ معماری و مهندسی نظامی فراتر رفته است. بدون تردید، ماشینهایی که او در بخش پایانی سدهٔ پانزدهم اختراع کرده است و یا ماشینهایی که برای استفاده در صنایع گوناگون اصلاح کرده، بیشتر صفحات کتابهای او را به خود اختصاص داده‌اند. چنین می‌نماید که لئوناردو بیش از اسلاف خود به فلزکاری، که یکی از رشته‌های پیشرونده آن عصر بود، علاقه داشت. لیکن علاوه بر این، گویا لئوناردو بر آن بود که تکنیکهای دیگر را نیز به پیش ببرد و بدین جهت بیشتر تحقیقات او بر روی حل مسائل متعددی تمرکز یافته بود که به‌شکل اصلاحات کلی ارائه شده بود مانند: اصطکاک در انواع دنده‌ها و نیز آب‌شستگی بستر رودخانه‌ها. در مورد مسألهٔ اخیر حتی مدلهای چوبی کوچکی ساخت و از روی آنها آب و ماسه می‌گذرانید تا الگویی از واقعیت در اختیار داشته باشد، یعنی همان کاری که مهندسان هیدرولیک در عصر ما انجام می‌دهند. این درک کلی، این اقدامات تجربی و اصرار او در استفاده از ریاضیات، بدون شبهه عناوین پرافتخار و حقیقی او هستند نه اختراعات تخیلی که بدان علت او را می‌ستایند و در بسیاری از موارد هیچ ارزش واقعی ندارند. یادداشتهای او محققاً بیشتر شامل یادداشتهای تحقیقی است تا مجموعهٔ اختراعات.

سالیان پایانی زندگی لئوناردو گواهی می‌دهند که او بیشتر یک متفکر بوده است تا یک عمل‌کننده. از سال ۱۵۰۶ تا ۱۵۱۳ او در میلان ماند و بیشتر به تحقیقات پرداخت تا کارهای عملی و سپس به روم رفت. در سال ۱۵۱۶، او دعوت فرانسوای اول[2] را پذیرفت و در آمبواز باقی ماند و کمی پس از آن وفات یافت. این واقعیتی است که لئوناردو برخلاف دیگر مردان بزرگ، شاگردی تربیت نکرد و دفترچه‌های یادداشت او تا مدتها، شناخته نبود؛ بنابراین نفوذ او بسیار محدود ماند.

---

1. Gioorgio Valla

۲. Francois I ۱۴۹۴_۱۵۴۷ پادشاه فرانسه از ۱۵۱۵ تا ۱۵۴۷.

نوشته‌های صنعتی سدهٔ شانزدهم

خصلت همه‌جانبه بودن مهندسان سدهٔ پانزدهم، نمی‌توانست به‌طور نامحدود ادامه داشته باشد، این محدودیت حتی به‌علت پیشرفت صنایع نیز می‌تواند ایجاد شود. بدین ترتیب؛ بخاطر تحقیق عمیقتر، برای دستیابی به نتایج نوین و نیز کارایی بیشتر، دسترسی به تخصص ناگزیر می‌شد. شاید درک همین واقعیت بود که چاپگران را به پیشرفت تکنیک علاقه‌مند ساخت: نخستین مطالبی که در زمینهٔ تکنیک به چاپ رسید در مورد تکنیکهای تخصصی بود.

ما به کتابهای فنی که در اواخر سدهٔ پانزدهم به چاپ رسیده‌اند اشاره‌ای کرده‌ایم؛ باید گفت به استثنای مؤلفان باستانی و قرون وسطایی، تنها کتاب جنگی والتوریو و کتاب معماری آلبرتی، اولی ۱۴۷۲ و دومی ۱۴۸۵ به چاپ رسیدند.

در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم صنعت فلزکاری بیشترین بهره را از چاپ گرفت. این امر گویا دلیل اقتصادی داشته است. احتمالاً قدیمی‌ترین کتابی که در زمینهٔ یافتن کانسارهای فلزی و چگونگی تشکیل آنها به چاپ رسیده است کتاب *Bergbüchlein* بوده است. چاپ نخست این کتاب، که تاریخ ۱۵۰۵ را بر خود دارد، در اوگسبورگ[1] انتشار یافت. این چاپ مورد استقبال قرار گرفت، زیرا کمی پس از این تاریخ، چاپ دوم آن (گویا در لایپزیک) به انجام رسید و بین سالهای ۱۵۱۸ تا ۱۵۳۹ شش چاپ به زبان آلمانی داشت. مؤسسه روبلاین فون‌کالبه[2] یا کالبوس[3] در شهر فرایبورگ که مهمترین مرکز استخراج معادن و فلزکاری در آلمان بود، در سال ۱۵۲۷ کتابی نظیر کتاب پیش گفته به چاپ رسانیدند. کتاب اخیر شباهت فراوانی با کتاب پیشین دارد. در سال ۱۵۳۰ نیز آگریکولا نخستین رسالهٔ خود را، که هنوز بسیار ناقص بود تحت عنوان *Bermannus* به چاپ رسانید و کمی بعد کتاب *De re metallica* را منتشرکرد.

گئورگ آگریکولا شناخته‌ترین و بنابراین تحقیق شده‌ترین فرد این گروه نویسندگان است. او به سال ۱۴۹۴ در ساکسونی[4] زاده شد. حدود سال ۱۵۱۸ در تسویکاو[5]، رئیس دانشگاه شد. در سال ۱۵۲۲ به همین سمت در لایپزیک منصوب شد و در این سالها بود که به آموزش کلاسیک جدی دست یافت. او در لایپزیک پزشکی خواند و پس از آن دو سال را در ایتالیا گذرانید. آن‌گاه به آلمان بازگشت و در سال ۱۵۲۷ در شهر یواخیم‌اشتال[6] به پزشکی پرداخت. سپس به حکومت

۱. Augsburg، شهری در آلمان‌غربی، ناحیهٔ باویر، که در سال پانزده پیش از میلاد به فرمان اوگوستوس ساخته شد.
2. Rublein von Kalbe 3. Calbus
۴. Saxony یا ساکس، منطقه‌ای در شمال‌غربی آلمان، که مرکز آن هانوور است.
۵. Zwickau شهری در ساکس، شمال آلمان.
6. Joachimstahl

این شهر و نیز به سمت مشاور امیر منصوب شد. آگریکولا به جنبش فکری زمان خود پیوسته بود و با اراسموس مکاتبه داشت در حالی که همواره با گرایشهای رفورم مذهبی مخالفت می‌ورزید و به عقاید کاتولیکی بسیار شدید خود پایبند ماند. از این پس او در کانون منطقهٔ معدنی سکونت ورزید. او به کانیها و استخراج فلزات علاقه‌مند شده بود. در سال ۱۵۳۱ در کمنیتس[۱] اقامت گزید و در آنجا سلسله مقالاتی دربارهٔ تاریخ طبیعی نوشت، و در اینجا بود که کتاب *de re metallica* خود را تألیف کرد. این کتاب خلاصه‌ای از دانشهای فلزکاری و معدنکاوی آن عصر در آن ناحیه را شرح می‌دهد. این کتاب در سال ۱۵۵۶ در بال سویس، پس از مرگ او منتشر شد و بی‌درنگ به شهرت رسید.

می‌توان گفت که آگریکولا در کارهای خود سرمشقی برای وانوتچی بیرینگوتچی[۲] (۱۴۸۰ ـ ۱۵۳۹) اهل سینا بوده است که وارث مهندسان نظامی ایتالیا بود. او برای دوک پارما، دوک فرارا، و شهر ونیز با موفقیت کار کرد و پس از آن به خدمت پاپ پاولوس سوم درآمد و مسؤولیت ریخته‌گری و توپ‌ریزی به وی واگذار شد. او در نواحی کومو، استیریا، و نیز آلمان سفرهای فراوانی کرده است. کتاب او *De la pirotechnia libri X* در سال ۱۵۴۰ در ونیز پس از مرگ او منتشر شد و همه‌جا بسرعت شهرت یافت. او در کار با فلزات گرانبها و با هنر ریخته‌گری و توپسازی آشنا بود بدین ترتیب؛ حیطهٔ کار او از آگریکولا تخصصیتر بود. گسترهٔ فعالیت آگریکولا انسان را به شگفت وا می‌دارد.

صنایع دیگر در کتابهای چاپی بسیار کمتر مورد بحث قرار گرفته‌اند. در فاصلهٔ زمانی کتاب آلبرتی، که در سال ۱۴۸۵ منتشر شد و کتاب معماری *Livre d'architecture* نوشته دوسرسو[۳] که به سال ۱۵۵۹ منتشر شد. عملاً هیچ کتابی انتشار نیافت. اما می‌توان کتاب دژسازی تألیف دوره[۴] را که در ۱۵۲۷ در نورنبرگ چاپ شد، نام برد. طرحهای این کتاب مرحلهٔ پراهمیتی به‌سوی دژسازی نوین است.

صنعت تقطیر نیز پیشرفتی داشته است. در این رشته برونسویک[۵] آلمانی، نخستین کتاب خود را چاپ کرد. این کتاب که عنوان *Liber de arte distillanoli de simplicibus* (کتاب هنر

۱. Chemnitz شهری در قسمت ساکس جمهوری دموکراتیک آلمان است. اکنون آن را کارل مارکس اشتات می‌نامند.

2. Vanoccio Biringuccio

۳. Du Cerceau ژاک اول آندرونه، معمار فرانسوی متولد پاریس حدود ۱۵۱۰ و مرگ حدود ۱۵۸۵، نظریه‌پرداز کلاسیسم است.

۴. Dürer آلبرشت (۱۴۷۱ـ۱۵۲۸) نقاش و حکاک آلمانی، متولد نورنبرگ.

5. German Brunschwyg

تقطیر اجسام ساده) را با خود داشت، به سال ۱۵۰۰ در استراسبورگ انتشار یافت؛ و کتاب دوم با عنوان *Liber de arte distillandi de Compositis* (کتاب هنر تقطیر اجسام مرکب) در ۱۵۱۲ منتشر شد. این کتاب در سدهٔ شانزدهم پنج بار به چاپ رسید؛ ترجمهٔ انگلیسی آن نیز در ۱۵۲۷ انتشار یافت، درحالی‌که دو ترجمه فلاماندی در سالهای ۱۵۱۷ و ۱۵۲۰ صورت گرفته‌است.

در رشته کشاورزی، انتشارات کمتر از میزان انتظار است. تعداد آنها هرگز نمی‌تواند با تعداد فراوان کتابهای کشاورزی که در آخرین ربع سدهٔ شانزدهم منتشر گردیدند و تا اواسط سدهٔ هیجدهم از موفقیت برخوردار بودند، همدوشی کند. کتابی به زبان انگلیسی، کتابی به ایتالیایی و یکی هم به زبان اسپانیایی، طلایه‌دار کتابهای تحقیقاتی شارل اتین[1] بودند. این کتابها عبارتند از *Vinetum* به سال ۱۵۳۷؛ *Arbustum* به سال ۱۵۳۸، و ترکیبی از این دو که در سال ۱۵۵۴ تحت عنوان *Praedium rusticum* انتشار یافت.

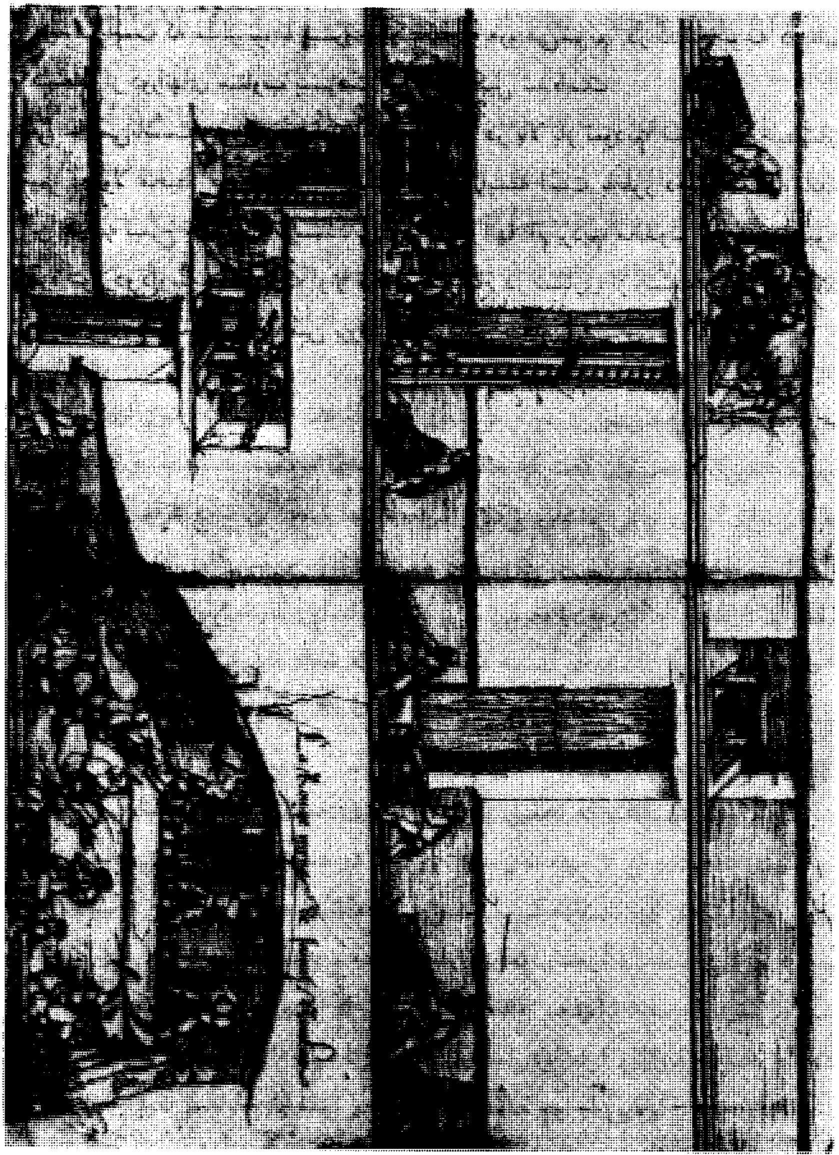
این فهرست، همان‌طورکه دیده می‌شود، حقیر است. از آنجا که هنوز گروه زیادی در این زمینه کار نمی‌کرد، نمی‌توان گفت که بعضی از این کتابها موفقیت داشته‌اند، و تعداد چاپهای آنها فقط می‌تواند گویای نوعی اشتیاق بی‌دلیل مردم به آنها باشد. این منابع هرقدر هم برای تکنولوژی جالب توجه باشند، نمی‌توانند جوابگوی همهٔ مسائل باشند. بررسی کامل آثار آگریکولا، تکنولوژی ساکسونها را به‌طور جالبی به ما معرفی می‌کند، مع‌ذلک این آثار نمی‌تواند برای کانگری و فلزکاری در همه‌جاها روشنگر باشند. درگذشته متذکر شدیم که تعداد قابل توجهی از این کتابها اثر افرادی است که تکنسین نبوده‌اند؛ مثلاً آگریکولا فیلسوفی با مشرب اومانیستی و طبیعیدان بوده، و نیز دوره یک هنرمند بود.

بدین ترتیب باید گفت که تحقیق واقعی تکنولوژی مستلزم بررسی صنایع دیگری است. از یادداشتهای متعددی که از مهندسان سدهٔ پانزدهم در دست داریم؛ بدون شک می‌توانیم برای آشنایی با سدهٔ بعد نیز، استفاده کنیم. بعضی از یادداشتها محققاً ارزشمند هستند. لیکن تحت هیچ‌گونه بررسی منظمی، آن‌چنان که برای سدهٔ پانزدهم به‌عمل آمده است، قرار نگرفته‌اند. و نیز چنین می‌نماید که سدهٔ شانزدهم به‌اندازهٔ سدهٔ پیش از آن پربار نبوده است در این دوره ظاهراً علاقه به تکنیک فروکش کرده بود. استقبال مردم از اندیشه‌های تکنیکی بسیار کمتر شده بود و ما نمونه‌های بسیار گویایی از این حالت روحی را در آینده باز خواهیم نمود. به دنبال یک دوره

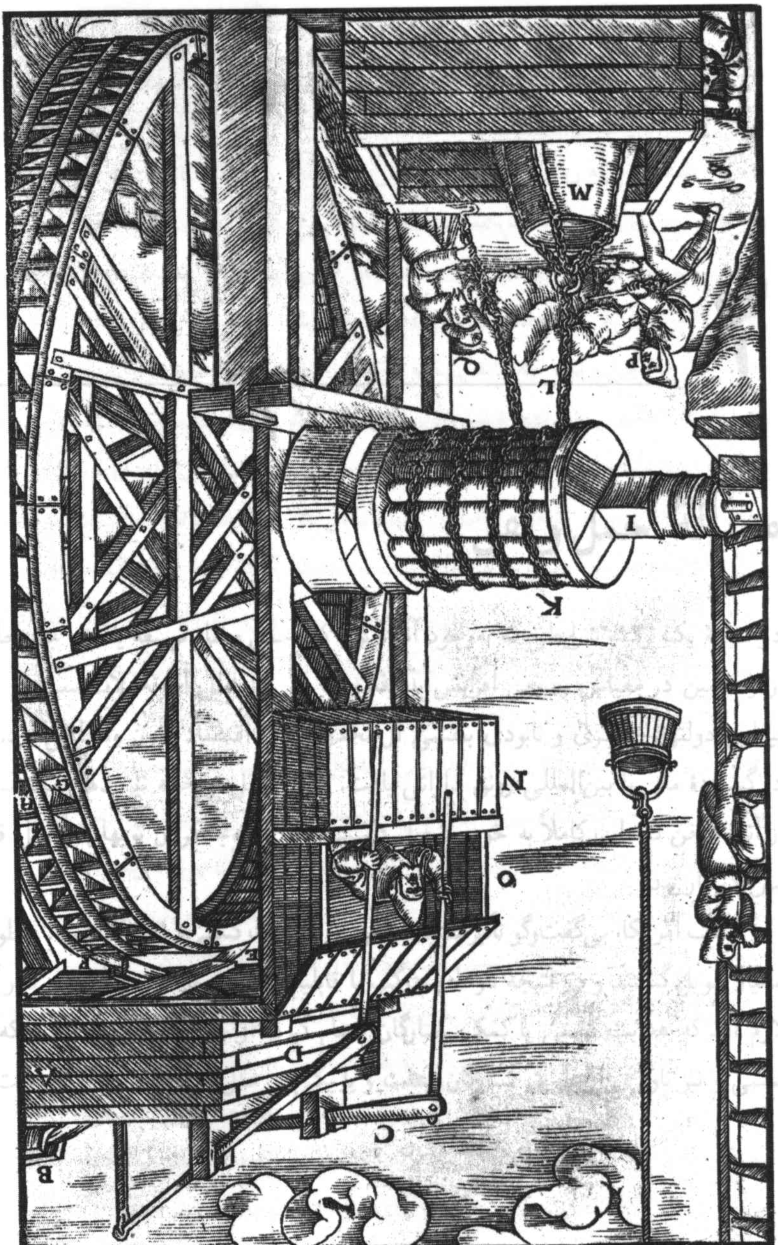
۱. Charles Estienne (۱۵۰۴ـ۱۵۶۴)، از خانواده معروف چاپگر و محقق وکتابساز فرانسوی است که در پزشکی و ادبیات یونان و روم تحصیل کرده است.

واقع‌بینی و عمل که پیشرفت صنعتی و سیاست بازرگانی را با خود به‌همراه داشت، دورانی بین سالهای ۱۵۴۰ تا ۱۵۶۴ پدید آمد که از نظر فعالیتهای مورد نظر ما در خور توجه نیست. وانگهی پیشرفتی که تا آن زمان به‌دست آمده بود می‌بایست هضم گردد و پس از آن دنبال شود و در نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم است که ما از نو، با پیشروی تکنیک روبه‌رو می‌شویم. در گذشته توجه داده‌ایم که تاریخ صنعت از دورانهای متناوب پیشرفت و رکود تشکیل شده‌است.

وانگهی ما نمی‌بایست مهندسانی را که چهرهٔ آنان را در بالا باز نمودیم، منفرد از محیطشان بررسی کنیم. معمولاً محیط صنعتی که تکنسین در آن زیسته است به‌طور دقیق شناخته شده نیست و این نقیصه نیمرخ بعضی از نویسندگانی را که ما از آنها نام بردیم، مخدوش می‌سازد. نمونهٔ این امر چهره لئوناردو داوینچی است که او را نابغه‌ای پیشگام در بسیاری از رشته‌ها معرفی کرده‌اند و شاید این قضاوت نادرست نتیجهٔ همین بررسیهای ناکافی باشد.



تابلوی ۱. استخراج سنگ نقره در ناحیهٔ Croix-aux-Mines در لورن (فرانسه).



تابلوی ۲. چرخ چاه هیدرولیکی با حرکت برگشتی. تصویر از کتاب De re metallica نوشته آگریکولا از کتابخانه ناسیونال (فرانسه) اخذ شده است.

۲

مسألهٔ حمل و نقل

در نتیجهٔ یک رشته شرایطی که به‌وجود آمده بود، کار حمل و نقل توسعه یافت. جابه‌جا کردن کالاها از راه زمین در مقیاس وسیعی افزایش پذیرفت، که یکی از علل آن تحولات سیاسی بود که باعث پیدایی دولتهای مرکزی و نابودی بخشی از محدودیتهای اقتصاد قرون وسطایی بود. جریان کالا، درگستردهٔ ملی یا بین‌المللی رونق فراوانی یافت. حمل و نقل توپخانه نیز، ذهن مهندسانی را، که ما از آنها سخن گفته‌ایم، کاملاً به خود مشغول داشت. زیرا جابه‌جا کردن توپها با وسایل قدیمی، کاری بس دشوار بود.

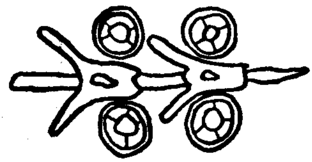
کشف امریکا، بی‌گفت‌وگو تأثیر بسیار مهمی در صنعت کشتی‌سازی گذاشت: خطوط کشتیرانی بسیار طویل گشتند و در نتیجه ناوهای بزرگتر، با قابلیت هدایت بیشتر مورد توجه قرار گرفتند. و نیز لازم آمد که هدایت کشتی با کمک ستارگان انجام گیرد. از سوی دیگر، باید گفت که تکامل بدنهٔ کشتی و نیز ناوبری از طریق ستارگان، علت و یا یکی از علل این کشفیات بوده است.

تغییر شکل ارابه‌ها

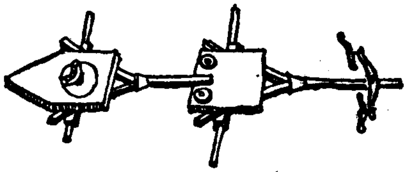
پس از اینکه مالبندهای جدید کشف شدند و به نیازهای مربوطه پاسخ کافی دادند، مطمئناً دیگر نیازی به اصلاح بیشتر مالبندها احساس نمی‌شد. لیکن ما در گذشته توجه داده‌ایم که هدایت ارابه‌های سنگین، یعنی ارابه‌های دارای چهارچرخ چه اندازه دشوار بود. اما پس از پیدایش مالبند سینه‌ای متحرک، که گردش واگن را آسان می‌کرد، هدایت آن بهتر شد. علاوه بر این، مسألهٔ فنربندی هم در میان بود که تا نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم به‌طور کامل حل نشده بود. روش مؤثرتر حفظ چرخها از ساییدگی سرانجام کشف شد. تحقیق دربارهٔ مالبند سینه‌ای متحرک هنوز، در جزئیات، دارای نواقصی بود. شناخت این واقعیات و بخصوص کار فهرست کردن تصاویر پراکندهٔ مربوط به آن بتازگی شروع شده است. بنابراین در اینجا پیش از نتیجه‌گیریهای مشخص، به فرضیه‌ها توسل می‌جوییم. با در نظر گرفتن این احتیاطها و فقدان جزئیات برخی نقشه‌ها، تنها می‌توانیم بگوییم که نقش واگنی که بر روی مهر فرانچسکو دی کاررارا[1] متعلق به پایان سدهٔ چهاردهم، حک شده است، نخستین کالسکه‌ای است که دارای مالبند سینه‌ای متحرک بوده است، و ما هیچ نمونهٔ دیگری از این نوع مالبند، نه در کتابهای آلمانی و نه در آثار مهندسان ایتالیایی متعلق به نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم ندیده‌ایم. نقش دیگری از این نوع کالسکه، به‌شکل کاملاً روشن، متعلق به سال ۱۴۷۰، در «کتاب منزل»[2] که اکنون به خانواده والبورگ ـ ولفگ تعلق دارد، موجود است. اما از این‌پس، یادداشتها و نقشه‌های فرانچسکودی جورجو اطلاع بر این مکانیسم را بدون گفت‌وگو اثبات می‌کند. چنین می‌نماید که خاستگاه مالبند سینه‌ای متحرک، مستقیماً ارابه‌های توپ بوده است که از دو ارابه با یک مالبند تشکیل شده است. یکی از ارابه‌ها از طریق محور خود به مفصل ارابهٔ دیگر اتصال دارد (ظاهراً این همان سیستمی است که روی مهر کاررارا نقش شده است). این کار فقط گردش وسیع ارابه را امکان می‌دهد و واگنهایی از این‌دست، به‌علت نداشتن تعادل، به‌آسانی واژگون می‌شوند. ارابه‌های واقعی حمل توپ ظاهراً فقط در سالهای نخستین سدهٔ شانزدهم ساخته شدند و طرح جالبی از آنکه در سال ۱۵۱۸ بوسیلهٔ «دوره» رسم شده است، هنوز وجود دارد.

فرانچسکودی‌جورجو، همچنین یک «واگن خودرو» ترسیم کرده است که مکانیسم فرمان آن مجهز به نوعی میلهٔ دنده‌دار است که به نحو جالبی ارائه شده است. موتور این واگن تعدادی چرخ لنگر دارد که با دست عمل می‌کنند. این چرخ لنگرها در رف بالایی واگن قرار دارند و چرخها کار موتور واگن و نیز قطعات فرمان را انجام می‌دهند. آشکار است که مانور کردن چنین ماشینی، اگر محال نباشد قطعاً مشکل خواهد بود. لیکن خود فکر، جالب است زیرا تکمیل نقشه، الهامبخش لئوناردو بود.

1. Francesko di Carrara 2. Hausbuch



شکل۳.ارابه با مالبند سینه‌ای متحرک، سال ۱۳۹۶، مهر فرانچسکو دی‌کارارا.



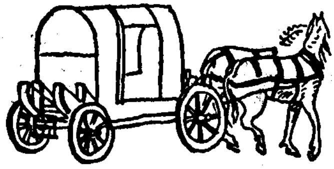
شکل۴.تکیه‌گاه کالسکه با مالبند سینه‌ای متحرک، حدود سال ۱۴۷۰ (والبورگ ـ ولفگ).

عملی ساختن همهٔ این مکانیسمها کاری بس دشوار بود. باید به خاطر داشته باشیم که ارابهٔ چهار چرخه‌ای که هانری چهارم در آن به‌قتل رسید دارای مالبند سینه‌ای متحرک نبود و دشواری مانور کردن آن، کار قاتل را آسان ساخت.

مشکل دیگری که در کار بود فنربندی کالسکه بود که نه‌تنها ارابه‌های مسافربری بلکه همه ارابه‌ها از آن رنج می‌بردند؛ زیرا در نتیجهٔ دست‌اندازهای راه، بزودی از کار باز می‌ماندند. در اوایل، بوسیلهٔ زنجیر یا تسمه، اطاقک را آویزان نگاه می‌داشتند؛ چنین موردی در ترسیمه‌ای که متعلق به سال ۱۴۰۵ می‌باشد، دیده می‌شود. احتمالاً این نوع ارابه‌ها را «ارابه‌های نتویی» می‌نامیدند، که از سال ۱۳۹۸ به‌بعد از آنها نام رفته است. پیش از اینکه نیمهٔ سدهٔ شانزدهم فرا رسد به مرحلهٔ تکاملی دیگری در این حوزه برمی‌خوریم و می‌بینیم که زنجیر و یا تسمه را دیگر به بدنهٔ کالسکه نبسته‌اند، بلکه آنها به فنر بزرگی که روی این بدنه کارگذاشته شده است، متصل شده‌اند. در یک دست‌نویس آلمانی مربوط به سال ۱۵۶۸ چنین حالتی بروشنی ترسیم شده است. کالسکه هانری چهارم فاقد هرگونه فنر بود. مهندسان ایتالیایی توجه فراوانی به این مشکل مبذول داشته‌اند، پژوهشهای فرانچسکودی جورجو، لئوناردو داوینچی و دوره را باید بررسی کرد. لئوناردو نخستین تصویر سیستم فنری را (پیش از کاردان) رسم کرد که آن را سیستم کاردان می‌نامند.

تسمه‌های فلزی، از آن نوع که بوسیلهٔ گرما دادن منبسط و سپس در حال گرم بر روی چرخها کارگذاشته می‌شدند در اواخر سدهٔ شانزدهم رواج یافتند و پیش از نیمهٔ این سده، موردی از این تکنیک دیده نمی‌شود. چنانچه بر اساس نقشه‌های مهندسان داوری کنیم، صفحات آهنی میخکوب شده، بیشترین کاربرد را در مورد حفاظت چرخها از سایش داشته است.

همان‌طورکه می‌بینیم کار حمل و نقل با ارابه‌ها، گرچه بسیار آهسته ولی آشکارا تکامل یافته است. به‌هر تقدیر اهمیت نقش ارابه‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافت و تصاویری که برخی از نقاشان و حکاکان نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم به‌جای گذاشته‌اند، این ادعا را ثابت می‌کند.

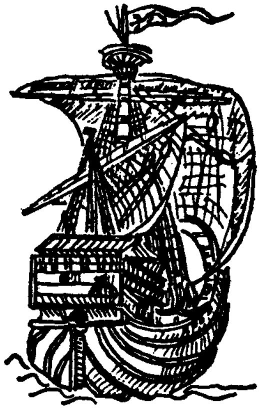


شکل ۵.کالسکه فنری (سینگر،کتاب *A History of Technology* جلد دوم صفحهٔ ۵۴۹، شکل ۵۰۱).

کشتی‌سازی و پیشرفت آن

تکامل آرام کشتی‌سازی را هم بدشواری می‌توان تصویر کرد. اطلاعات ما در این‌باره پراکنده و ناپیوسته است زیرا منابع قابل اعتماد و تصاویر دقیق کم است. از سوی دیگر بدون شبهه، خود این اصطلاح پیشرفت تدریجی، متضمن عدم قطعیت است: تغییر شدیدی در آن نیست. تاریخ‌نویسانی که درصددند برای پیدایی نوع خاصی از کشتی، زمان معینی به‌دست دهند، در خطر ارتکاب به خطای وحشتناکی هستند. تاریخ انتقال از یک نوع کشتی به نوع دیگر آن محققاً آشکار نیست؛ کاربرد انواع گوناگون بادبان (گرچه همهٔ انواع آنها را ما هنوز نشناخته‌ایم) بود که بادبان استاندارد را به ما شناسانید. هیچ چیز نادرست‌تر از آن نیست که مرزهای تاریخی برای تکامل کشتی‌سازی تعیین کنیم و تاریخ تکامل آن را به چند مرحله تقسیم کنیم.

همهٔ آن عناصری که در کشتی‌سازی، اکتشافات بزرگ نامیده می‌شوند، از مدتها پیش وجود داشته‌اند. در حالی که کشتیهای نوع نوردیک را ناوگان مدیترانه‌ای با خود سازگار ساخت، ویژگیهایی از کشتیهای جنوبی، بخصوص در مورد بادبان، بنوبهٔ خود بر روی تکامل کشتی‌سازی تأثیر گذاشت. یک دست‌نویس متعلق به سدهٔ پانزدهم در ونیز، چند کشتی حمل بار، از نوع نف را نشان می‌دهد که با کشتیهای سدهٔ سیزدهم تفاوت چندانی ندارند. بدنهٔ آنها با میل زیادی رو به بالا باز شده است. اتاقکهای کشتی، بخشی از تخته‌بندی کف پل هستند. دنبالهٔ کشتی همچون جعبهٔ سنگینی است که کف آن بر روی بدنهٔ مدور وسیع، محکم شده است و ارتفاع آن بسرعت افزایش می‌یابد. اما سینهٔ کشتی، سطحهٔ سه‌گوشی است که دماغ کشتی از آن پیش آمده است و معمولاً آن را سینهٔ پیشامدهٔ کشتی می‌نامند. انحنای قسمت جلو و عقب عرشه، زیاد است و دیوارها مستقیم نیستند و ارتفاع آنها بتدریج کاسته می‌شود. سختی بدنه، مشکل مقاومت در برابر حرکت را درپی دارد که چارهٔ آن آسان نیست. بدین جهت کشتی‌سازان در مورد حجره حجره‌سازی و یا تنگ هم گذاشتن الوارهای چوبی نظر خوبی نداشتند؛ و به تقویت بیرونی کشتی علاقه نشان می‌دادند که دیوارهای کشتی را هم در برابر ضربات محافظت می‌کرد؛ کاری که سبب کندی حرکت کشتی در آب می‌شد.



شکل ۶.تصویری از یک کشتی نف، به تاریخ ۱۴۹۳. کنده‌کاری روی چوب که از ترجمهٔ لاتینی نامهٔ کریستوفر کلمبوس به رافائل سانچز، برای اعلام اکتشافات خود برداشته شده است. روم سال ۱۴۹۳ (*Roerie, Navires et marins* صفحهٔ ۲۳۷).

در شروع سدهٔ شانزدهم تحولی در شکل بدنهٔ کشتی پدید آمد. حدود سال ۱۵۲۰ چندین کشتی انگلیسی، نوع سینه‌های پیشامده را رها کردند. دماغ کشتی تا سطح پل پایین آمد و اتاقک جلو، که مشرف بر پل بود، چهارگوش گردید و رگه‌های بیرونی رفته رفته از میان رفتند. دنبالهٔ چهارگوش بتدریج متداول شد، و اتاقکهای عقبی که تعداد آنها رفته رفته زیادتر می‌شد، کوچکتر ساخته شدند.

خاستگاه کشتیهای نوع «کاراول»[1] معلوم نیست. این واژه مدتها پیش از آنکه کریستف کلمب نخستین سفر خود را آغاز کند وجود داشت و در مورد انواع کشتیها به‌کار می‌رفت، اما رفته رفته بر نوع خاصی از کشتی اطلاق یافت. لیکن دو صاحبنظر را نمی‌توان یافت که در مورد خصوصیات آن اتفاق نظر داشته باشند و تصوری که از آن وجود دارد، کاملاً فرضی است. تصاویر دقیق کاراول در اواخر سدهٔ شانزدهم به نقش آمدند. در این‌زمان، این نوع کشتی تغییر زیادی یافته بود و به‌اصطلاح دو رگه شده بود. در هر حال می‌توان گفت که کاراول، کشتی کوچکی با ظرفیت در حدود ۱۵۰ تن بود. کشتیهای کاراول به‌آسانی می‌توانستند دور بزنند و بنابراین از لحاظ شکل کشتی توفیق خوبی به‌دست آمده بود؛ و آن‌قدر تکامل یافته بودند که در برابر انحراف از مسیر مقاومت داشته باشند، ضمناً سریع هم بودند. کشتی سانتاماریای کریستف کلمب، احتمالاً سینهٔ پیشامده‌ای داشته است.

تغییرات مربوط به افرازش و بادبان قطعیتر می‌نماید و شاید نتیجهٔ ناگزیر تغییرات ایجاد شده در بدنهٔ کشتی بودند. تغییر عمده، ترکیب نوع بادبانهای نوردیک با نوع بادبانهای مدیترانه‌ای بود.

1. Caravelle

کشتی معمولی، مثلاً کاراول کلمب، سه دکل داشت، و نیز یک دکل خوابیده که بعداً دربارهٔ آن بحث خواهیم کرد. دکل سینه، بادبانی چهارگوش داشت، و بادبان دکل میانی، که دکل اصلی و میراث گذشته‌ها بود نیز مربعی بود؛ اما دکل پاشنه بر روی عرشهٔ عقب کشتی، بادبانی سه‌گوش (لچکی) را حمل می‌کرد. فقط دکل اصلی اهمیت بسیار داشت. این دکل بسیار بلند و از چند قطعهٔ متصل به‌هم ساخته شده بودند. برخی از صاحبنظران اعتقاد دارند که دکلها و نیز بادبانهای دیگر نقش وزنهٔ تعادل را داشتند و بوسیلهٔ نوعی بازوی اهرم عمل می‌کردند. آنها مانع از انحراف کشتی از مسیر دلخواه می‌شدند و چنانچه تکی عمل می‌کردند، مسیر آن را تغییر می‌دادند.

این سیستم نوین بادبان، بین نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم و میانهٔ سدهٔ شانزدهم، مجدداً تغییر یافت. در آغاز به چند قسمت تقسیم شد. از همان دوران رومیها، استفاده از بادبانهای منطبق برهم معمول بود، لیکن نظم و سیستمی نداشت. در بالای سطحهٔ روی دکل پایین، یک بادبان چهارگوش کوچک قرار داشت که آن را بادبان سطحه می‌نامیدند که اندازهٔ آن بتدریج بزرگتر شد (کشتی کلمب دارای بادبان سطحه بود که هنوز کوچک بود). کشتی آنتونی رول[1]، Harry-Grâce-á-Dieu (۱۵۰۹ ـ ۱۵۴۷) بادبان سطحه‌ای بزرگتری داشت، اما هنوز بقدر لازم آن را بزرگ نگرفته بودند. دکل پاشنه را دوگانه کردند و دکلی پشت دکل پاشنه، افراشته شد. چنین دکلی را در نقاشی پینتوریکیو[2] که بازگشت اولیس[3] را به تصویر کشیده است می‌توان دید. این دکل بادبانی سه‌گوش دارد. از دکل خوابیده یک تیر چوبی بر روی دماغ کشتی خم شده است و بادبان دکل پشت پاشنه را نگاه می‌دارد. در مورد خاستگاه بادبان دکل کوچک مورخان اتفاق نظر ندارند. بادبان چهارگوش کوچکی به دکل خوابیده متصل است. در هر حال در نقشه دقیق هانس هولباین[4] که مربوط به‌حدود سال ۱۵۳۲ می‌باشد این بادبان را می‌توان دید.

کشتیهایی از این نوع، هر یک بادبانی خاص خود و متفاوت از دیگری داشتند. کاراول کریستف کلمب سه دکل داشت که آخرین آنها دارای بادبانی سه‌گوش بود، و کاراول نینا که کوچکتر بود، سه بادبان سه‌گوش داشت. کاراول پینتا، که افرازش لچکی داشت، طی مسافرت، افرازش خود را تغییر داد.

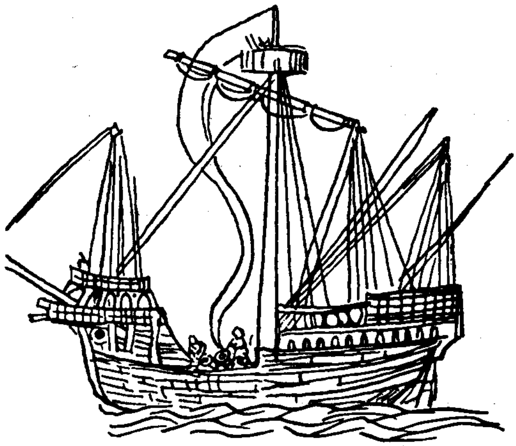
به‌طوری‌که‌یک کشتیران گفته است این کشتیها میل داشتند که بادبانها را رو به باد میزان کنند.

1. Anthony roll

۲. Pinturicchio برناردینودی بتو (۱۴۵۴ـ۱۵۱۳)، نقاش ایتالیایی.

۳. Ulysses یا Odysseus از رهبران جنگ تروا، که پس از ده سال سرگردانی به وطن مراجعت کرد؛ داستان سرگردانی او را، هُمر در اودیسه آورده است.

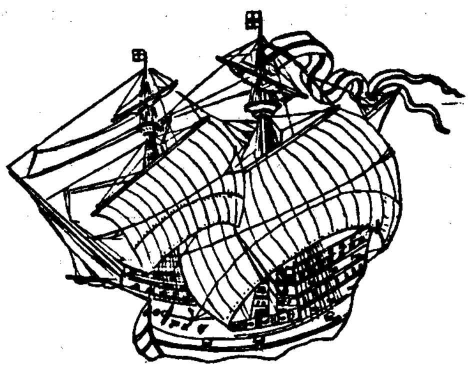
4. Hans Holbein



شکل ۷.تصویری از یک کشتی نف، به تاریخ اوایل سدهٔ شانزدهم (لندن، بریتیش میوزیوم).

که ناچاراً باید با انحراف مسیر کشتی مقابله کنند؛ بدین ترتیب به بادبان پاشنه زیاد نبود. در هر حال برای افرازش مخصوص به دل باد زدن، که احیاناً باید از دکل عقبی پاشنه استفاده کرد، زیاد مناسب نبودند. تنها کاراولها می‌توانستند با این شیوه عمل کنند. کریستف کلمب مسیر خود را در شش جهت وزش باد بر عقب کشتی[1] (۶۷٫۵ درجه)، و حتی در پنج جهت آن وزش، حفظ می‌کرد.

در سده‌های پانزدهم و شانزدهم انواع بسیار زیادی کشتی درکار بودند. در نیمهٔ نخست سدهٔ چهاردهم که کشتیهای نوع کاراک[2] عمل می‌کردند، شکل آنها لزوماً می‌بایست بتدریج تغییر یابد:



شکل ۸.تصویری از یک کشتی انگلیسی، سال ۱۵۴۵ (لندن، بریتیش میوزیوم).

1. quarter 2. Carrack

کشتیهای نوع گالیون[1] که آینده درخشانی در پیش روی داشتند، در سدهٔ پانزدهم ساخته شدند. با این همه ما نمی‌توانیم خصوصیات این کشتیهای گوناگون را مشخص گردانیم و این نامها به انواع کشتیهای متفاوت از یکدیگر اطلاق می‌شد. ما نمی‌دانیم مشخصات نامهای محلی متفاوت این کشتیها، که بدون ذکر جزئیات به ما رسیده است، چیست و باز باید گفت که کار تکامل بدنه، کاملاً به‌آهستگی و بدون حادثهٔ جالبی عملی شده است.

کشتیرانی

تاریخ دریانوردی محل مشاجرات شدید است. تفسیر نادرست متون و اسناد و گفت‌وگو بر سر اهمیت آنها، مسیر تکاملی آن را بسیار تاریک ساخته است. چنانکه پیداست؛ ما ناگزیر باید عناصر گوناگون را یکی یکی بررسی کنیم تا بتوانیم بر دانش کنونی خود در این رشته تکیه زنیم.

می‌دانیم که رسم نقشه‌های جغرافیایی، پیش از این دوران تولد یافته است، و نیز می‌دانیم که مکتبهای ماژورکی[2] و کاتالونیایی، نقشه‌کشی حقیقی را پایه گذاردند، اما آن‌طور که شایسته بودند، مورد استفاده قرار نگرفتند. در سال ۱۳۵۴ پدرو چهارم آراگون فرمان داد که همهٔ ناوگان او، دو نقشه داشته باشند. اکتشافات سال ۱۴۹۲ و نیز سفر ماژلان در سال ۱۵۲۲، طریقهٔ ابتدائی نقشه‌کشی را دگرگون ساخت. کرهٔ ساخته مارتین بهایم[3] (۱۴۳۶ـ ۱۵۰۶) اوج کار نقشه‌کشی در قرون وسطی بود. در کرهٔ یوهانس شونر[4] (حدود ۱۵۲۳) اروپا و آفریقا به‌طور صحیحی نمایش داده شده‌اند، در حالی که آسیا و امریکا در یک قاره کشیده شده‌اند. تنها در سال ۱۵۹۲ بود که نقشه‌کشها، این دو قاره را از یکدیگر جدا ساختند.

در حالی که سفرهای اکتشافی به روشن شدن شکل کلی قاره‌ها کمک کرده بود و در زمانی‌که کار مشخص‌سازی سواحل دریا به ثمر نشسته بود و بدین ترتیب کمک بزرگی به کشتیرانی شد، باز بخش اساسی مشکل حل ناشده، باقی ماند؛ زیرا نمی‌شد بر روی نقشه راهی را مشخص ساخت. تنها پس از پیشرفت بعدی کار نقشه‌برداری علمی، کاربرد این اسناد، عملی شد. نخستین اقدام در تغییر شکل نقشه‌های مسطح به نقشه‌هایی که محیط زمین را مشخص می‌سازند، بوسیلهٔ گراردوس مرکاتور[5] (۱۵۱۲ ـ ۱۵۹۴) به‌عمل آمد. او نخستین نمونه از چنین نقشه‌های

1. Galleon

۲. Majorque جزیرهٔ بزرگ مجمع‌الجزایر بالئار در مشرق اسپانیاست؛ وسعت آن ۳۶۱۸ کیلومتر است.

۳. Martin Behaim جغرافیادان و دریانورد آلمانی، متولد نورمبرگ، کاربرد اسطرلاب درکشتیرانی را او پایه گذارد.

4. Johannes Schöner

۵. G. Mercator جغرافیادان و ریاضیدان فلاماندی، از پایه‌گذاران جغرافیای ریاضی جدید است.

«خلاصه شده» را در سال ۱۵۶۹ انتشار داد.

استفاده از جدولهای مثلثاتی ابتدایی در کارکشتیرانی از سدهٔ سیزدهم آغاز شد. این بخش از ریاضیات بسرعت در دانشگاهها تکامل یافت و کاربرد آن رایج شد. جدولهای به اصطلاح مارتلویو[1] در شروع همین دوره پدید آمدند. نمونه آن را می‌توان در اطلس آندرهآ بیانکو[2] (۱۴۳۶) و در دست‌نویسی مربوط به سال ۱۴۴۴ یافت. گی بوژوان بر آن است که این جدول محاسبهٔ مسافتی راکه یک کشتی بادبانی در اثر باد از مسیر مطلوب منحرف شده است و می‌تواند با پیروی از یک مهب معین، مسیر خود را بازیابد، ممکن می‌سازد، و همچنین این جدول محاسبه اختلاف عرض جغرافیایی بین دو بندر را میسر ساخته است.

چیزی که باقی مانده بود، مسألهٔ ظریف وسایل رصد بود. استفاده از ذات‌الربع بوسیلهٔ ناخدا دیگو گومس[3] در جریان دومین مسافرتش به گینه (۱۴۶۳) ظاهراً در ارتباط با رصدی بود که در خشکی انجام گرفته بود. با وجود این ادعاهای بدون پایهٔ اساسی چنین می‌نماید که دریانوردی با راهنمایی ستارگان تا پیش از سال ۱۴۸۰ معمول نبوده است. اسطرلاب دریایی برای نخستین‌بار بر روی نقشه‌ای مربوط به سال ۱۵۲۹ دیده می‌شود، این نقشه در واتیکان محفوظ است. با اینکه می‌توان با دلایل قوی، زمان این اختراع را کمی پیش از تاریخ بالا دانست اما نمی‌توان آن را به سدهٔ پانزدهم منسوب کرد. کاربرد ذات‌الربع در دریا دشوار بود، زیرا ریسمان شاقول آن سکون نداشت. پدرو نونث[4] طرز کاربرد این وسیله را در سال ۱۵۳۳ برای تعیین ارتفاع توضیح می‌دهد و در این روش به‌جای ریسمان از یک خط‌کش کوچک استفاده شده بود که بدون شک از دقت وسیله می‌کاست. عصای یعقوب یا آربالستریل[5] ظاهراً تا شروع سدهٔ شانزده به‌کار نرفته است؛ بدین ترتیب از نظر وسایل رصد بسیار فقیر بودند؛ و چون آنها نمی‌توانستند عرض نقطه را روی نقشه مشخص سازند، دقت کارشان زیاد نبود. دیدبانی خشکی، بویژه در ساحل آفریقا ظاهراً رواج داشت، و چنین می‌نماید که نقاطی به‌عنوان نقاط جهتیابی تعیین شدند و این کار ناخدا را قادر می‌ساخت که موضع خود را بداند.

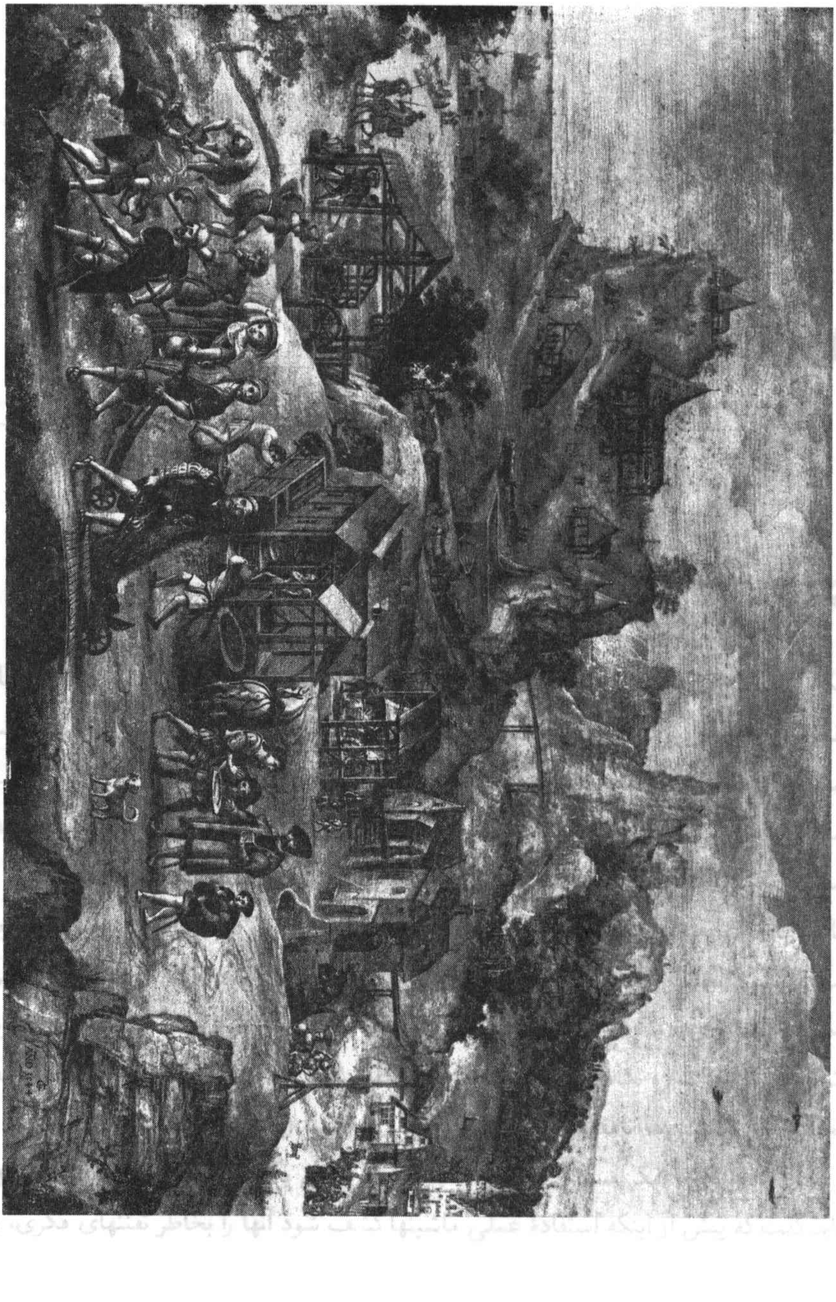
بدین ترتیب، تا آنجا که به عرض جغرافیایی مربوط می‌شود، مشکلات اساساً از نوع مادی بودند. جدولهای میل خورشید، در سال ۱۴۸۳ در ونیز چاپ شد و در سالهای ۱۴۸۸ و ۱۴۹۲ تجدید چاپ شد. جدولهای فرانچسکو بیانکینی[6] در ۱۴۹۵ منتشر شد. هنوز می‌بایست موقع خورشید را بدرستی تعیین کنند، درحالی‌که خطاها، هم متعدد و هم بزرگ بودند. مشکل طول

1. martelogio Marteloio, 2. Andrea Bianco 3. Diego Gomes 4. Pedro Nunez
5. Arbalestrille 6. Francesko Bianchini

تقریباً لاینحل به‌نظر می‌رسید. کلمب و امریگو وسپوتچی[1] درصدد برآمدند که از رصد کردن ماه و مقارنهٔ سیارات در این‌باره استفاده کنند. در سال ۱۴۹۳ کلمب در هائیتی بندر مطمئنی برای رصد خورشید و ماه یافت. در سال ۱۵۲۰ یک رهبان فرهیختهٔ ماژلان مقارنه‌هایی را رصد کرد. سود گرفتن ازکسوف یا خسوف و فواصل ماه را آلونتسو دوسانتا کروز[2] (کسی‌که برای شارل پنجم، شارل اول اسپانیا ـ نقشهٔ جهان را رسم می‌کرد) توصیه کرد. در این راه از یادداشتهای روزانه رگیو مونتانوس (یوهان مولر) برای سالهای ۱۴۷۵ تا ۱۵۰۶ و نیز از Calendarium eclipsium برای سالهای ۱۴۸۳ـ۱۵۳۰ استفاده شد.

مشکل نجومی طول، که از جنبهٔ نظری حل شده بود، در عمل حل ناشده باقی ماند، زیرا حل آن مستلزم تحقق همزمان چند شرط مادی بود. بنابراین امر کشتیرانی چندی دستخوش حدس و گمان بود. هنوز حل دو مسألهٔ مسیر راه و سرعت باقی مانده بود و لازم می‌آمد برای کاربرد این اطلاعات در تعیین موقع و محل کشتی، به‌عبارت دیگر حل مشکل کشتیرانی اریب، راهی یافته شود. در مورد سرعت، تقریباً تنها روش، تخمین چشمی بود. جدول کشتیرانی برای نخستین بار فقط در سال ۱۵۷۷ توصیه شد. نظراتی مانند میل مغناطیسی هنوز مورد قبول برخی کشتیرانان و حتی دانشمندان نبود. کتاب ریاضیدان شهر مدینا (در اسپانیا) تحت عنوان Arte de Navigar که به سال ۱۵۴۵ در والادولید منتشر شد، نمونهٔ این طرز فکر است. از مطالب گفته شده، نتیجه می‌گیریم تنها در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم بود که برای این مشکل راه‌حلی یافته شد.

۱. Amerigo Vespucci (۱۴۵۴ـ۱۵۱۲)، دریانورد فلورانسی؛ نام او در ۱۵۰۷ بر روی قارهٔ جدید گذاشته شد.
2. Alonzo de Santa Cruz



تابلوی ۳. معدنکاوی.

۳

پیشرفت مکانیزاسیون

تکامل ماشین و اعتقاد بر اینکه پیشرفت آن تقریباً پایانی ندارد ـ عقیده‌ای که برخی مهندسانی که قبلاً از آنها نام بردیم، با آن همداستانند مطمئناً از اساسیترین مشخصات تکنولوژی دوران رنسانس است. این تحول به احتمال زیاد، علل چندی دارد که تعیین دقیق آنها کاملاً دشوار است؛ اما مهمترین آن، بی‌شبهه اختراع سیستمهای نوین انتقال حرکت و کاربرد بسیار زیاد مادهٔ جدید، فلز، است. ماشین، که اینک با عناصر بسیار محکمتر و سیستمهای کاملتری ساخته شده است، ناگزیر با گامهای سریعتر و اساسیتری به‌پیش می‌رود. همراه با این بهبود، مصالح صنعتی باید چاشنی مکانیزاسیون بخشی از تکنسین‌های بسیار پیشرفتهٔ زمان را نیز افزود. آنها از ماشین‌آلات هم برای حمله و هم برای دفاع از مواضع مستحکم، و برای تعبیه «بازیهایی» که در سده‌های پانزدهم و شانزدهم تا این اندازه تکامل یافته بود، و نیز برای مقاصد صرفاً صنعتی (که، در واقع برای مغزهای تعدادی از تکنسین‌ها نامفهوم بود) بهره گرفتند. همچنین رشد مکانیزاسیون را می‌توان تا اندازهٔ زیادی مرهون نوع تفکر مستدل دانست. لئوناردو داوینچی یکی از کوچکترین نمایندگان آنها نبود باید گفت که پیش از اینکه استفادهٔ عملی ماشینها کشف شود آنها را بخاطر تفننهای فکری، یا برای

لذتی که از ساختن آنها احساس می‌شد و یا بالاخره برای حل مسائل دشواری که پیش می‌آمد، اختراع کردند. همهٔ این مهندسان یا صورتگر بودند و یا پیکرتراش؛ اما مطمئناً بیشتر آنان به تحقیقات مکانیکی خود، به چشم جنبه‌ای از هنر خود می‌نگریستند. در تعدادی از طرحها، که مکانیزاسیون و انسان دوستی در آنها با یکدیگر کاملاً عجین شده‌اند، این حالت بیشتر تأیید می‌شود و در این امر ما متوجه می‌شویم که مکانیزاسیون موجود در طبیعت رشد می‌یابد تا به سدهٔ هفدهم و حتی به سدهٔ هجدهم می‌رسیم.

چرخ طیار و دستگاه بازو و لنگ

اختراع دستگاه بازو و لنگ احتمالاً مهمترین دستاورد مکانیکی اوایل سدهٔ پانزدهم است. این دستگاه که در قرون وسطی ناشناخته بود، تبدیل حرکت دوری پیوسته را به حرکت راستخطی، رفت و برگشتی و متناوب ممکن ساخت. فقدان چنین وسیله‌ای، همان‌گونه که دیده‌ایم پیشرفت مکانیزاسیون را بسیار محدود می‌ساخت.

گرچه لنگ از سده‌های پیش مورد استفادهٔ کلی بود، اما این امر برای مته شترگلو صادق نیست. در تصاویری که از قرون وسطی به ما رسیده است، نقشی از این وسیله دیده نمی‌شود. در گچبری موجود در موزهٔ هامبورگ، که مسیح را در حال حمل صلیب نشان می‌دهد و تاریخ سال ۱۴۲۴ را بر خود دارد، می‌بینیم که یکی از سربازان در حال سوراخ کردن چوبی است که با خود دارد، و نیز در الواح سه‌لتی استاد مرود[1] که کمی بعد ترسیم شده است، باز به این وسیله برمی‌خوریم.

ترکیب لنگ و شترگلو، سیستم بازو و لنگ را ایجاد کرد. متصل ساختن قطعات متحرک، لزوماً مسائلی را پیش می‌آورد که حل آنها دشوار است، از آن جمله مسأله فرسایش در قطعات چوبی است. تعیین تاریخی برای این مکانیسم هنوز دشوار است، زیرا همگی اختراعات این دوره هستند. حداکثر ما می‌توانیم نخستین نمود آن را در شکل مورد استفادهٔ عملی، پس از پژوهشهای فراوان در تمثالهای مقدس کشف کنیم، این پژوهشها هنوز هم ادامه دارد.

در کتاب دست‌نویس کایزر، در پایان سدهٔ چهاردهم یا اوایل سدهٔ پانزدهم ما به «دستاسی» برمی‌خوریم، که با سیستم بازو و لنگ می‌گردد. در این هنگام است که متوجه شدند این وسیله، دو نقطهٔ مرگ دارد. چرخ طیاری که در ترسیمهٔ کایزر به‌چشم می‌خورد، برای تعدیل این نقیصه آمده است، و بدین ترتیب؛ اصل ماند (اینرسی)، که نظریهٔ آن حدود یک قرن و نیم بعد قبول عموم

۱. Maitre de Merode لقبی که به نقاش فلاندری سدهٔ پانزدهم داده شده است که برای صومعهٔ flémalle نزدیک شهر لیژ در بلژیک، سه تابلوی بالا را نقاشی کرده است.

یافت، اگر در آن زمان بخوبی مفهوم نبود، لااقل کشف شده بود. تصویرهای بسیار مشابه بالا در دست‌نویس به‌اصطلاح «جنگ هوسیها» وجود دارد، در آنها هم چرخ طیار دیده می‌شود.

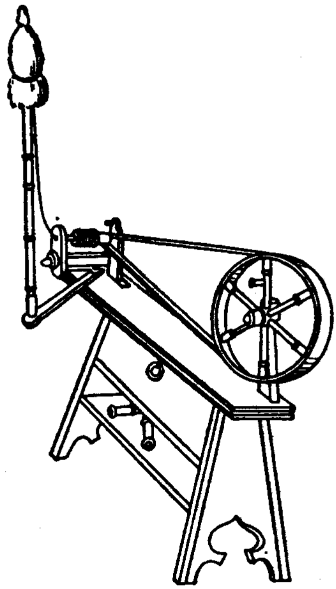
در حالی که چیزی شبیه ادوات بالا در کارهای تاکولا دیده نمی‌شود، مهندسان نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم، ظاهراً مکانیسم نوین را پذیرفتند و بزودی این وسیله رواج بسیار یافت. حل مشکلهای مربوط به نقاط مرگ و نظم حرکت، بخصوص در دستاسها اینک کامل شدند. راه‌حل ایده‌آل را می‌توان در نقشه‌ای از رساله فرانچسکودی جورجو مارتینی دربارهٔ معماری یافت، که در آن نقشه، چرخ طیار دارای ناظمی از دو گلولهٔ بالا رونده است. در این زمان، ما مرحلهٔ وسایل ساده را پشت سر گذارده‌ایم. این تصویر مقدار زیادی از نبوغ مکانیکی مهندسان ما را آشکار می‌سازد.

از آن پس، کاربرد لنگ و بازو بسرعت رواج یافت و فهمش برای اشخاص آسان گردید. کتاب فرانچسکودی جورجو، جالبترین نمونه‌ها را ارائه می‌دهد. نخست مسألهٔ اره بود. ما نقشه‌های ویلاردو اونکور را (نیمهٔ قرن سیزدهم) در مورد اره بررسی کردیم که دستهٔ آن نقش فنر را دارد. نقشه فرانچسکو نوع تازه‌ای از این اره را می‌نمایاند که تا پایان سدهٔ نوزدهم به‌کار می‌رفت. این اره قابی چوبی داشت که بین دو دسته می‌لغزید و بوسیلهٔ سیستمی از بازو و لنگ عمل می‌کرد. خود دستگاه بازو و لنگ را یک چرخ هیدرولیک می‌گردانید، در حالی که وسیلهٔ دیگری، قطعهٔ چوب را به جلو حرکت می‌داد. مشکل دیگری که حل شد، تلمبه کردن آب بوسیلهٔ تلمبه‌های تنفسی ـ فشاری بود؛ کاربرد این نوع تلمبه در رشته‌های گوناگون پیشرفت زیادی داشته است.

آخرین کاربرد با همان اهمیت از دستگاه بازو و لنگ در به‌اصطلاح کتاب منزل والد بورگ ـ ولفگ دیده می‌شود. در این کتاب ما به نوعی چرخ ریسندگی برمی‌خوریم که بال ملائکه آن یک ردیف چرخ خراطی پایی را می‌گرداند و این وسیله در سده‌های بعد پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته است.

کاربرد دستگاه بازو و لنگ با دشواریهای مربوط به نوع مصالح به‌کار رفته و طریقهٔ متصل ساختن قطعات متحرک روبه‌رو بود. اتصال بازو معمولاً با حلقهٔ ساده‌ای انجام می‌گرفت که نگاهداشتن آن در جای مطلوب، دشوار بود. بین تلمبه‌های آب که فرانچسکودی جورجو، حدود ۱۴۷۰ پیشنهاد کرده بود و طرحهای پیشنهاد شده در کتاب متالورژی آگریکولا (۱۵۵۶)، ظاهراً پیشرفتی دیده نمی‌شود. خود مهندسان از این دشواریها آگاه بودند و در کتاب فرانچسکودی جورجو انواع سیستمهای آبکشی با زنجیر کاسه‌دار، با تعداد مکانیسمهای رایج برابر هستند. دو چرخ خراطی پایی، که احتمالاً مربوط به سدهٔ شانزدهم است در دویچس میوزیوم[1] مونیخ و در La maison des brasseur آنورس دیده می‌شوند. هر دو دستگاه کاملاً ساده هستند. طرحهای مهندسی گاهی پیشرفته‌تر از نمونهٔ

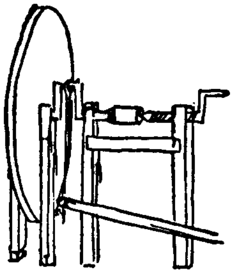
1. Deutsches Museum



شکل ۹.چرخ ریسندگی پایی؛ حدود ۱۴۷۰ (کتاب منزل والدبورگ ـ ولفگ).

ساخته شده خود هستند. این جنبهٔ تکنولوژی رنسانس بعدها بررسی خواهد شد.

ما همچنین به راه‌حلهای نامطمئنی در یادداشتهای لئوناردو داوینچی برمی‌خوریم. پیشنهادهای اولیه او برای حل این مشکل، ساخت وسیله‌ای ساده و تقریباً غیر عملی بود: استوانه‌ای که دو شیار مارپیچ روی آن کنده بود تا دندانه‌ای که روی یک پیستون قرار داشت در آن درگیر شود؛ و چنانچه اشکال مربوط به دو تلمبه بود، از یک تیر سنگین استفاده می‌شد. داوینچی بعدها نظری داد که بعضی از تکنسین‌های سدهٔ شانزدهم آن را عملی کردند. یک حرکت دایره‌ای پیوسته در وهلهٔ نخست به یک حرکت دایره‌ای رفت وبرگشتی تبدیل می‌شود. چرخی که نیمی از محیط آن دندانه‌دار است با دو چرخدنده فانوسی درگیر می‌شود. این دو چرخدنده به انتهای محوری متصل شده‌اند که نیرو را منتقل می‌سازد. یک چرخدندهٔ فانوسی در یک جهت می‌گردد و چرخدندهٔ دیگر در جهت مخالف آن. پس از آن، جسم ساده‌ای قرار دارد که این حرکت دایره‌ای رفت‌وبرگشتی را به‌حرکت مستقیم‌الخط رفت و برگشتی بدل می‌کند و این کار بوسیلهٔ چرخدنده فانوسی سوم همراه با یک میل دنده‌دار صورت می‌گیرد. سرانجام لئوناردو موفق به ساخت یک سیستم بازو و لنگ شد؛ اما این کار فقط پس از تجربیاتی حاصل شد که تعیین‌کننده بودند. دشواری کار در فقدان تخیل و

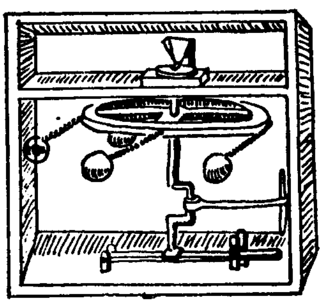


شکل ۱۰.چرخ خراطی؛ حدود ۱۵۰۰ لئوناردو (میلان، *Codex atlanticus*).

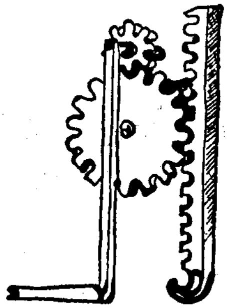
طرح نبود بلکه مربوط به ساختن این وسیله، بویژه در مورد طرحهای بزرگ مربوط به آن می‌شد.

دستگاه چرخدنده: ما این مبحث را از جنبهٔ نظری به اجمال بررسی می‌کنیم، اما از جنبهٔ عملی در بخش مهندسان رنسانس، و سرآمد آنها، لئوناردو را نسبتاً به تفصیل مورد بحث قرار خواهیم داد. یکی از رهیافتهای مناسب برای وارد شدن در این بحث، استفاده از آهن برای ساختن دنده‌های محکمتر است. تهیهٔ این وسیله مستلزم دستگاهی برای تراش فلز است، که تا آن‌زمان ساخته نشده بود. فقط در آثار آگریکولا است که چرخدنده‌های فلزی نسبتاً زیاد به‌چشم می‌خورد. مع‌هذا؛ برای مدت زیادی، مادهٔ اصلی برای ساخت قطعات ماشین، باز چوب بود، و این چیزی است که دایرةالمعارف دیدرو آن را گواهی می‌کند.

رایجترین چرخ دنده‌ای که با آن برخورد می‌کنیم نوعی است که از چرخهای دنده‌دار و دنده‌های فانوسی (ماردون) تشکیل شده است. این وسیله مدتهاست که به‌کار می‌رود و بدون شک راه تکاملی را پیموده است. مسائل اصلی، بویژه مشکل چند برابر کردن سرعت از همان عهد باستان



شکل ۱۱.ناظم و دو گلوله بالارونده؛ حدود ۱۴۷۵ (تورین، از فرانچسکو جورجو).

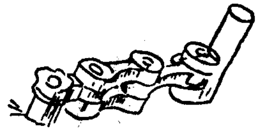


شکل ۱۲. جک بالابرنده؛ حدود ۱۵۰۰ لئوناردو (میلان *Codex atlanticus*).

حل شده بود؛ در آن زمان برای مسائل دیگر راه‌حل رضایت بخشی ممکن نبود. تعدادی از نقشه‌ها نشان می‌دهند که لئوناردو توجه خود را به مسألهٔ مالش و سایش دنده‌های چرخهای دندانه‌دار معطوف ساخته بود. او توانسته بود با موفقیت نشان دهد که دندانه‌های دو دندهٔ واسطه تا چه اندازه باید با یکدیگر درگیر شوند تا از فرسایش زیاد پیشگیری شود. در کودکس اتلانتیکوس Codex atlanticus همچنین نقشه‌هایی به‌چشم می‌خورد که برش عمودی چرخهای دندانه‌دار و نیز روش ترسیم و ساختن آنها می‌باشند. پژوهشهای لئوناردو از مرز بالا، فراتر می‌رود. در دست‌نویس «B» ما شاهد طرحهایی از چرخهای دندانه‌دار هستیم که مقطع آنها ذوزنقه‌ای است. حل مسألهٔ دنده‌کاری بی‌قاعده با حرکت منظم، امر بسیار دشوارتری بود؛ زیرا راه محاسبه خمهای لازم، شناخته نبود. طرحهای موجود در دفترهای یادداشت لئوناردو، بسیار خام بود. جرونیمو کاردان[1] که در حدود میانهٔ سدهٔ شانزدهم می‌زیست برای حل نظری چرخدنده‌های بی‌قاعده در عهد خود بیشترین تأثیر را داشته است. اولین دستاوردها در اثری از ژاک بسون[2] ریاضیدان و مکانیسین فرانسوی، در یک چهارم پایانی سدهٔ شانزدهم دیده می‌شود. ما نخستین کاربرد چرخهای دندانه‌دار به‌شکل برون‌چرخزاد (اپی‌سیکلویید) را درکارهای اولائوس رومر[3]، ستاره‌شناس دانمارکی و نیز ژرار دزارک[4]، ریاضیدان فرانسوی، که مستقل از او کار می‌کرد، می‌بینیم.

گمان می‌رود که فرانچسکودی جورجو، بدلیل دشواریهایی که در بالا از آن سخن رفته است، دستگاههای چرخدنده با پیچهای بی‌انتها را ترجیح می‌داد، لئوناردو در طرحهای ماشین‌آلات خود بارها از پیچهای بی‌انتها استفاده کرده است: نقص بزرگ چنین دستگاهی فرسایش‌پذیری آن، بویژه در زمانی بود که روغنکاری قطعات چرخنده هنوز مراحل اولیه را می‌پیمود. این چرخ دنده‌ها با

1. J. Cardan 2. J. Besson 3. O. Roemer 4. G. Desargues



شکل ۱۳.نوعی زنجیر مفصلی؛ حدود ۱۵۰۰، لئوناردو (میلان *Codex atlanticus*).

پیچهای بی‌انتها در قطعات موتور زیاد به‌کار می‌رفت. علاوه بر بالابرهای پیچی معمولی، که قبلاً در قرون وسطی به‌کار گرفته می‌شدند، ما با ماشینهایی برخورد می‌کنیم که برای جابه‌جا کردن وزنه‌های سنگین، ستونها و حتی اهرام، مورد استفاده قرار می‌گرفتند، و نیز در مواردی با ماشینهایی که با اتصالهای متوازی‌السطوحی با یکدیگر ترکیب شده‌اند. بعضی از طرحها را لئوناردو از فرانچسکودی جورجو اقتباس کرده است و به آنها اعتبار بخشیده است. این ماشینها علاوه بر عمود کردن و جا گذاری ستونهای سنگی یکپارچه (کاری که افتخار آن به معماران دوره رنسانس می‌رسد)، بخصوص برای حرکت دادن بعضی ساختمانها نیز به‌کار گرفته می‌شدند. بدون تردید ارسطو فیورا وانتی برای مستقیم کردن برج پودستا در بولونیا از همین وسایل استفاده کرده است و نیز در سال ۱۴۵۵ برج کلیسای دلا ماژونه[1] را، که ۴۰۷ تن وزن و بیش از ۱۸ متر ارتفاع داشت، حرکت داد.

لئوناردو برای حل مسألهٔ دیگری نیز چند راه پیشنهاد کرد؛ و آن تغییر مقدار سرعت یا تعویض دنده بود. در دستگاه پیچ‌تراشی لئوناردو، سرعت گردش قطعه در حال تراش و نیز سرعت پیشروی میلهٔ حامل قطعه را می‌شد همزمان تغییر داد، در حالی که برای تغییر حرکت می‌بایست چرخدنده‌های حرکت قطعه را با چرخدنده‌های دیگری تعویض کرد. کمی بعد، او کوشید تا مکانیسم واحدی برای سرعتهای مختلف اختراع کند؛ و برای این کار، صفحات دندانه‌داری را بر روی محور واحدی جنب یکدیگر نصب کرد؛ یک دندهٔ فانوسی به‌شکل مخروط دم بریده، می‌توانست با درگیر شدن در این یا آن صفحه، سرعت را تغییر دهد و مقصود را برآورده سازد. ماشین هیدرولیک بادامکدار او، که برای ایجاد سرعتهای مطلوب مایع و یا تغییر دادن مقدار بده جریان آب می‌بایست طوقهٔ حامل بادامکها تعویض می‌شد، تا مدتها مورد رضایت او بود.

وسایل دیگری نیز برای انتقال حرکت ابداع شدند. در چرخهای خراطی، که هنوز سیستم بازو و لنگ رواج نیافته بود، تسمه‌های چرمی جای طنابها را گرفتند؛ زیرا طنابها بر روی محورهای چوبی می‌لغزیدند در کتاب تاکولا (که پیش از نیمهٔ سدهٔ پانزدهم نوشته شده است) نقشه‌ای از یک زنجیر معمولی می‌بینیم که برای انتقال حرکت به‌کار می‌رفت. اما این، نمونه‌ای استثنایی است.

1. della Magione

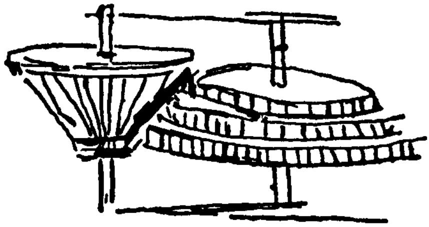


شکل ۱۴.دستگاه چرخدنده با مقطع ذوزنقه‌ای. حدود سالهای ۱۴۸۸ ـ ۱۴۸۹. کار لئوناردو (پاریس Bibliotheque Institut).

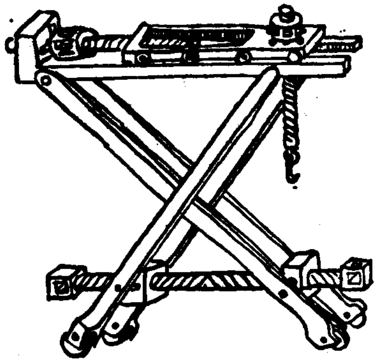
در کودکس اتلانتیکوس با تعدادی طرح روبه‌رو می‌شویم که از زمان خود جلوتر می‌نمایند. اینها نقشه‌های زنجیرهای به‌هم مرتبطی هستند که برای انتقال حرکت طراحی شده بودند و شباهت فراوانی با زنجیرهای کنونی دارند. دشواریهای تهیهٔ فلز مناسب برای زنجیر مورد نظر، این نتیجه را به‌دست می‌دهد که این زنجیرها ساخته نشوند، و در واقع چنین زنجیرهایی تا نیمهٔ نخست سدهٔ نوزدهم ساخته نشدند.

بهره‌گیری از نیروی هیدرولیک

برای افزایش بازدهی چرخهای هیدرولیک راههای گوناگونی مورد آزمایش قرارگرفتند و همهٔ آنها در یک زمان به‌کار می‌رفتند. نخستین آنها خود همین چرخها بود. در این مورد ما متوجه جنبه‌هایی از کارهای لئوناردو می‌شویم، در طرحهای فنی مربوط به هر مسأله، روحیهٔ مشاهده‌گری و بدون شک، میلی که به تجربه کردن در او دیده می‌شد بیشتر از خود علاقه به اختراع برجستگی داشت. در مورد چرخهای آسیا، لئوناردو چند عامل را در نظر می‌گرفت: مقادیر مختلف آب، ارتفاع ریزش



شکل ۱۵.دنده مخروطی (ماردون)، حدود سالهای ۱۴۹۰ ـ ۱۵۰۰ (میلان).

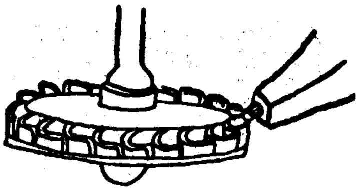


شکل ۱۶.دستگاه بالابر، با موقعیتهای مختلف. حدود سال ۱۴۷۵، فرانچسکودی جورجو (تورینو).

آن، تا اینکه هم محل چرخها و هم شکل پره‌ها را تعیین کند. بعید نیست که داوینچی، ساخت مدلهایی را برای اجرای تجارب خود، لازم دیده باشد. بدین ترتیب، لئوناردو بزودی به مزایای پره‌های مایل پی‌برد که احتمالاً پیش از او هم مورد استفاده بود. او در پیشنهاد کردن این نوع پره‌ها در نظر داشت از وزن آب محتوی در این پره‌ها استفاده کند. این تحقیقات مطمئناً انعکاس زیادی نیافت، زیرا یادداشتهای لئوناردو در پوشه‌های این کتابچه‌ها مدفون شده بودند. این پژوهشها همچنین ممکن است انعکاس تجربیاتی باشد که اینجا و آنجا انجام گرفته و لئوناردو در جریان مسافرتهای خود با آنها برخورد کرده است. گرچه در مورد چرخهایی که در نقشه‌های صنعتی این دوران با آنها برخورد می‌کنیم، تحولات عمده‌ای را نمی‌بینیم اما، متوجه می‌شویم که کاربرد پره‌های مایل، روزافزون بوده است.

مسألهٔ دوم به اساس خود چرخ مربوط می‌شود. درگذشته متذکر شدیم که چرخهای افقی وجود داشتند، اما در مورد کاربرد آنها تا همین اواخر اطلاعی در دست نبود. دفترچه‌های مهندسان ما، نه‌تنها در مورد نخستین شواهد این چرخهای افقی اطلاعاتی به ما می‌دهند، بلکه طرح توربینهای واقعی هیدرولیک را نیز ارائه می‌دارند. در دفتر فرانچسکودی جورجو، با اولین طرحهای این نوع توربین روبه‌رو می‌شویم که لوله آلات لازم و نیز شیپورهٔ مناسب برای دریافت بیشترین قدرت ممکن، در آن دیده می‌شود. در این طرح، پره‌ها بدقت سنجیده شده‌اند و خم آنها کاملاً مناسب کاری است که برای آن در نظر گرفته شده است. لئوناردو و همهٔ مهندسان سدهٔ شانزدهم، اندیشهٔ توربین را دنبال کردند. حداقل نتیجه این بود که این نوع چرخها، تا سدهٔ هجدهم مورد استفاده قرار نگرفتند: چرخهای بازاکل[1]، که در بالا از آن گفت‌وگو کردیم، بهترین نمونه این امر است.

1. moulins du Bazacle



شکل ۱۷. طرحی از توربین، حدود سال ۱۴۷۵، فرانچسکودی جورجو، (تورینو).

چنانچه بپذیریم که در یادداشتهای مهندسان ما خطوطی دیده می‌شود که وجود پیشرفت را انکارناپذیر می‌سازد، محتمل است که تحقق عملی آن خطوط، آن‌طور که معمولاً می‌گویند، بسرعت انجام نگرفته باشد. اگر به‌جای جست و جو در آثار مهندسان، ما نقاشیهای این نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم را مورد کنجکاوی قرار دهیم (در واقع بعضی مکاتب نقاشی از نظر آثار کاملاً مورد استفاده یک مورخ تکنیک، بسیار غنی هستند)، ثابت خواهد شد که چرخهای آسیاب، بعد از قرون وسطی، تحول جزئی یافته‌اند. نقاشیهای یواخیم پاتینیر[1] (۱۴۸۰ ـ ۱۵۲۴)، و بلس[2] (۱۴۹۰ ـ ۱۵۵۰) در مورد چرخها تغییر چشمگیری را نشان نمی‌دهند، و تصویرهای موجود در کتاب آگریکولا، نیز چنین هستند. فقط تذکر می‌دهیم که در کتاب آگریکولا چرخهای با حرکات برگشت‌پذیر نقاشی شده‌اند که برای بالا بردن کانیها در معدن می‌باشند. این ماشین دو چرخ پشت به پشت هم دارد که پره‌های آنها به جهات مختلف میل دارند، و یک منبع آب دولوله‌ای دارد که هر لوله روی یکی از آن چرخهاست. با حرکت دادن پره‌های خاصی، آلت دوار را می‌توان به هر سو گرداند.

بهره گرفتن از نیروی باد

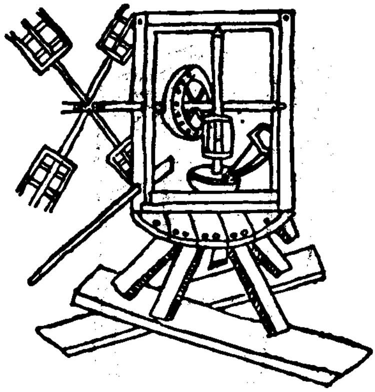
آسیای بادی، بر خلاف توربینها، پیشرفت قابل توجهی داشت که بدون شبهه به فوریت هم از آن بهره‌گیری می‌شد. در گذشته اشاره رفت که آسیاهای بادی قدیمی همگی یکنوع بودند. نقشه‌ای که در دست‌نویس «جنگ هوسیه» وجود دارد نمای جالبی از این نوع آسیاست. این آسیا بر روی سه ستون ایستاده است و تمام ساختمان آن طوری می‌گردد، که پره‌های آن در برابر باد قرار بگیرد. بنابراین این نوع آسیا باید چوبی باشد.

آسیاهای بادی که سر آنها می‌گردد، بدون تردید در سدهٔ پانزدهم پدید آمدند. نقشهٔ آسیایی

---

۱. J. Patinir نقاش فلاندری، دورنما و صحنه‌های مذهبی می‌ساخت.

2. Henri Met de Blès



شکل ۱۸.آسیای بادی. حدود سال ۱۴۳۰ (مونیخ).

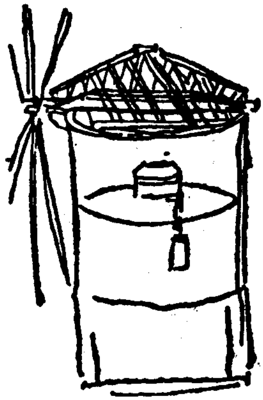
که در دست‌نویس گیوم دوماشو[۱] (اواخر سدهٔ چهاردهم) دیده می‌شود، احتمالاً نخستین نوع این آسیاست، ولی متأسفانه این نقشه چندان روشن نیست که اظهار نظر قطعی بتوان کرد. هنوز سدهٔ پانزدهم فرا نرسیده بود که ما گام بعدی را در کارهای لئوناردو می‌بینیم، گامی قطعی و نمونه‌وار. در سالهای نخستین سدهٔ شانزدهم، نوع این آسیای بادی، که اینک با مصالح ساختمانی ساخته شده است، بسرعت متداول شد. عکسهای مربوط به آسیاهای بادی غیرچوبی در سدهٔ شانزدهم، در کتابهای باستانشناسی وجود دارند.

تولد اتوماسیون

اندیشهٔ اتوماسیون محققاً از ذهن معماران و مهندسان رنسانس نمی‌گذشت، با این همه ما می‌توانیم ببینیم که برخی پژوهشها و مکانیسمهای آنهاست که سرانجام به اتوماسیون کشیده است. بنابراین دقیقاً می‌توان گفت که اتوماسیون ملهم از افکار دکارت و پس از وی از نوشته‌های ویژه در این رشته بود.

نظم دادن به حرکت محققاً اندیشهٔ کهنی است. از همان زمان که کمترین اثر چرخ طیار یا مشابه این چرخ را می‌بینیم، این نظم ایجاد شده است؛ ما در نخستین آونگهای مکانیکی، که معمولاً دو سیستم چرخ طیار دارد: یکی پیوسته و دیگری متناوب، تا اینکه به حرکت نظمی داده شود با این پدیده آشنا می‌شویم. همین اندیشه را با پیدایی بازو و لنگ تحقق یافته می‌بینیم، که نقطهٔ مرگ حرکت، این نظم را موجب می‌شود. در نخستین تصویرهای موجود از آن (مربوط به سالهای

۱. Guillaum de Machaut شاعر و موسیقیدان فرانسه (۱۳۰۰-۱۳۷۷).



شکل ۱۹.آسیای بادی با سر متحرک، حدود سالهای ۱۴۹۰ ـ ۱۵۰۰ کار لئوناردو (میلان).

نخستین سدهٔ پانزدهم) ما وجود چرخ طیار را شاهدیم. همراه با فرانچسکودی جورجوگامی به پیش گذاشته می‌شود زیرا او در تخیل مربوط به یک ناظم سرعت گلوله‌ای (مرکزگریز) حدود سه سده از جیمز وات جلوتر بود. این اندیشه گرچه بیدرنگ دنبال نشد، لیکن پیدایش آن را باید ارج گذاشت: هم از لحاظ تلاش فکری پدید آورندهٔ آن و هم از نظر کاربردی که در گشایش کار آسیاب داشت.

در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم، ما به نمونهٔ دیگری ازکاربرد تنظیم اتوماتیک حرکت برمی‌خوریم: یک ناودانی قیفی شکل که دانه‌های گندم را بر روی سنگ آسیا، پخش می‌کند، توسط قطعه‌ای با میلهٔ چهارگوشی که بر روی سنگ آسیا محکم شده است اصطکاک دارد. با گردیدن سنگ آسیا و در نتیجهٔ آن میله، ناودانی با آهنگی منظم تکان داده می‌شود و دانه‌های گندم با سرعتی یکنواخت بر روی سنگ آسیا ریخته می‌شود. این مکانیسم سبب می‌شود که آسیاب، بیشترین بازده را داشته باشد. سختی دانه‌ها نیز در بازدهٔ آسیا مؤثر است، زیرا گردش سنگ و در نتیجه ریزش دانه‌ها را ترمز می‌کند. محققاً این مکانیسم اختراع ساده‌ای است و ما از مبتکران آن بکلی بیخبریم، اما در ضمن بسیار جالب است. تعیین تاریخ پیدایش آن دشوار است، زیرا این ناظم حرکت در چندین شکل به‌کار گرفته شده است و می‌توان آن را در نقشهٔ مکانیسم آسیایی که در نسخهٔ دست‌نویس هراد لاندسبرگی[1] موجود است تشخیص داد. بدین ترتیب؛ می‌توان گفت که نخستین نمونهٔ نظم اتوماتیک به سدهٔ دوازدهم مربوط می‌شود.

اتوماتیسم دیگری هم وجود دارد، که مربوط به ساعت است که پیشرفته‌تر از مکانیسمهای پیشین می‌باشد. تأثیر این مکانیسم در ساختن ماشینها محققاً بسیار است: کاربرد دنده‌ها، بادامکها،

۱. Herrade de Landsberg بانوی مذهبی و دانشمند دینی آلمان (۱۱۲۵ـ۱۱۹۵).

همگی فلزی، به مکانیسمهای بسیار پیچیده‌تر، بارآورتر از وسایل تفننی مکتب اسکندریه منجر شدند. ساعتها مجهز به اتومات پیشرفته‌تری شدند که زمان را با زنگ اعلام می‌کرد. ما از نخستین نمونه‌های این زنگها، فقط از طریق نوشته‌های غیرمشخصی، مانند نوشته‌ای که در مورد خروس دیر کلونی[۱] در میانهٔ سدهٔ چهاردهم، و نیز بوسیلهٔ نمونه‌هایی که هنوز وجود دارند اطلاع داریم، با این همه اکثر آنها طی سده‌های بعد تعمیر و یا اصلاح شده‌اند. کهنترین نمونه‌های موجود، اتوماتهای اورویتو[۲] متعلق به سال ۱۳۵۱ و اتوماتهای کورتره[۳] است که در سال ۱۳۸۱ پس از پیروزی بورگوندیها به دیژون برده شد.

در مورد این وسیله، چنانچه بخواهیم دقیقاً صحبت کنیم، مسألهٔ نظم دادن در کار نیست، بلکه بیشتر نوعی مونتاژ مکانیکی روی یک حرکت منظم است تا اینکه در لحظهٔ معین کاری انجام دهد. نمونه‌ای از کاربرد صنعتی این وسیله را می‌توان در یک ماشین ریسندگی یافت که لئوناردو برای پیچیدن منظم نخ روی قرقره طرح کرده بود. این وسایل از این جنبه نیز اهمیت دارند که در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم کاربردهای مؤثرتر و مشخصتری یافتند.

ما در موقع خود ماشینهای گوناگونی را که این مهندسان، طرح و یا عملاً به‌کار گرفته، مورد بررسی قرار خواهیم داد. در اینجا یک بار دیگر به میل شدید آنها به مکانیزاسیون اشاره می‌کنیم که از ویژگیهای پایان سدهٔ پانزدهم است؛ تمایلی که با پیدایش این عناصر نوین این مکانیسمهای جدید، و نیز کاربرد بسیار وسیع فلز شدت یافت، مسألهٔ اصلی، رواج، گرچه نسبی، این ماشینها نیست، بلکه خود نفس این پژوهشهای منظم برای ساخت این نوع ماشینها در رشته‌های معین است. سرانجام توجه می‌کنیم که کاربرد ماشینیسم گام بسیار بلندی به پیش بود و اینکه در پرتو خیالپردازیهای فراوان آن دوران، برداشتن این گام سبب شد که ماشین در اختیار صنعت قرار گیرد. در حدود نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم گرایشی که به ماشینی‌کردن وجود داشت، جز در چند مورد معدود، به تفنن تبدیل شد، و این در دورهٔ ظهور «تئاترهای ماشین» متعددی بود که در حقیقت توخالی و صرفاً تکرار اندیشه‌های کهنه بودند. کار راملی[۴] (۱۵۳۱ ـ ۱۶۰۰) صنعتگر ایتالیایی، نمونهٔ کاملی از این امر است.

---

۱. Cluny شهری در شمال فرانسه، مرکز سون‌ـِ‌لوار، دیر آن در سال ۹۱۰ توسط گیوم آکیتن برای جمعی از بندیکتیان ساخته شد و در سدهٔ دوازدهم به اوج رونق رسید.

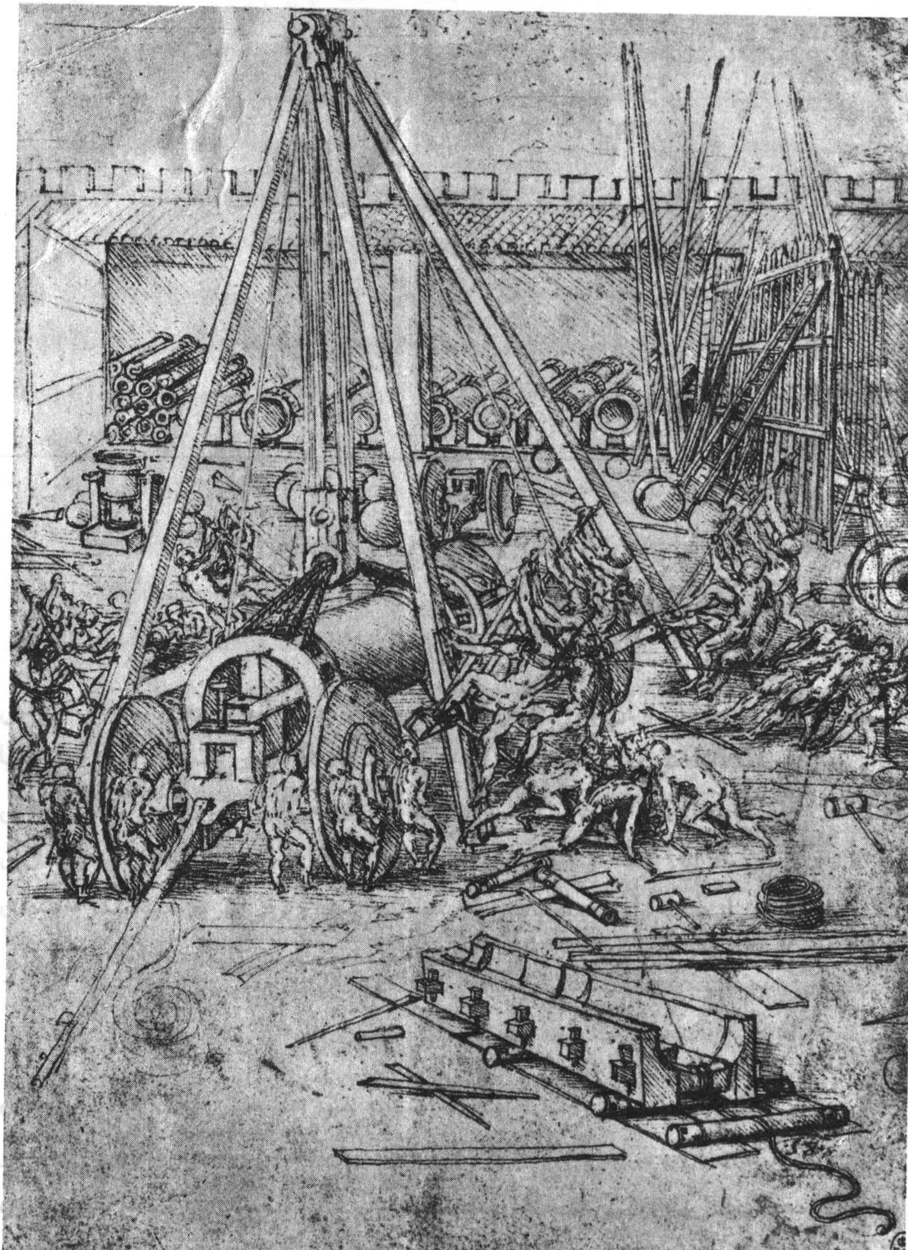
۲. Orvieto شهری در ایالت اومبریا، ایتالیای مرکزی، دارای کلیسای جامع که در سال ۱۲۹۰ ساخته شد.

۳. Courtrai شهری در غرب ایالت فنلاند، شمال‌غربی بلژیک است. از دیدنیهای آن، کلیسای نوتردام (سدهٔ سیزدهم)، و تالار شهرداری (سدهٔ شانزدهم) می‌باشند.

4. Ramelli

بررسی سریعی که ما از انرژی هیدرولیک به‌عمل آوردیم نشان می‌دهد که با اینکه این جنبش خصلت نظری داشته است، جامهٔ عمل پوشانیدن به آن طرحها با دشواریهای مادی متعددی روبه‌رو می‌شد. بررسی دقیق ماشینهایی که در کتاب آگریکولا (میانهٔ سدهٔ شانزدهم) شرح داده شده‌اند، نقص آنها را آشکار می‌سازد. کارکردن آنها نیز احتمالاً بازدهٔ زیادی نداشت. می‌توان گفت که طی مراحل بسیار بطئی، موفق شدند تا به مکانیسمهای واقعاً کمال‌یافته و کارای دست یابند.

بدون تردید در اهمیت بعضی ماشینها نباید زیاد غلو کرد. در زمانی‌که لئوناردو کارهای بزرگی در تکنولوژی به انجام رسانید؛ و یا اینکه در زمانی‌که ما می‌توانیم، بر پایهٔ بررسیهای یادداشتهای او، ادعا کنیم که وقتی‌که تکنولوژی در مسیر پیشرفت افتاده بود، لئوناردو هیچ اختراع عملی را در حیطهٔ مکانیک و انرژی انجام نداده است. توربینهای هیدرولیک در گذشته در یادداشتهای پیشینیان او آمده‌اند؛ اطلاعات او دربارهٔ نیروی انبساط بخار (که آن هم از مدتها پیش شناخته شده بود)، که از آن واقعاً استفاده کرده بود، او را در ردیف کسانی قرار می‌دهد که در اختراع ماشین بخار سهیم بوده‌اند. برخی ابداعات او، آنهایی که اصیل و از آن خود او هستند، چنانچه بخواهیم بدقت سخن گوییم، پیشرفتهای واقعی به‌حساب نمی‌آیند، بلکه در حقیقت صرفاً تعمیم چند وسیله (دنده‌ها، چرخهای آسیاب) می‌باشند، که او نسبت به آنها احاطه داشت و همین امر برتری تفکر او را نسبت به دیگر مهندسان این سدهٔ شگفت‌انگیز (پانزدهم) موجب شده است.



تابلوی ۴. قرار دادن یک لولهٔ توپ بر روی گردونهٔ آن، نقشه از لئوناردو داوینچی است. Windsor Castle.

۴

روشهای استحصال

رنسانس، فنون استحصال را آن اندازه که برخی تاریخ‌نویسان ادعا دارند، متحول نساخت. بعضی از این فنون مطمئناً تکامل زیادی یافتند از آن جمله، روشهای کانکاوی است که بدون ارتباط با اکتشافات بزرگ توسعه یافت، در حالی که کشاورزی دستخوش تغییراتی بسیار ناچیز گردید. به‌آسانی می‌توان درک کرد که این رشته از فعالیت که بسیار غیر متمرکز است و اشخاص فراوانی در آن درگیرند، در لفافی از سنت گرایی بسیار پایدار، پیچیده شده است، و ترقی سریع تکنیک در بخشهای محدود تولید است که مراکز بهره‌گیری را در دستهای معدودی متمرکز می‌سازد.

کشاورزی

کشاورزی هنوز یکی از رشته‌های اصلی اقتصاد است و هنوز هم بخش اعظم مردمان اروپای غربی به آن اشتغال دارند. در اینجا هم تحولات تکنیک تقریباً نامحسوس است. بیماریهای همه‌گیر سدهٔ چهاردهم، گرفتاریهای ناشی از جنگ صد ساله و عدم ثبات سیاسی، پایان سدهٔ پانزدهم برای یک تحول سریع هیچ سودی نداشتند. کشف امریکا سبب نوآوریهایی، بویژه در بخش گیاهان شد،

گرچه در این مورد هم نتایج آن با آهستگی تمام احساس شد و تکامل واقعی در مواردی تا پایان سدهٔ هجدهم ایجاد نشد.

اگرونومی[۱] ثمر چشمگیری نداشت. تا آغاز سدهٔ پانزدهم، تنها آثار مؤلفان مشهور مطالعه می‌شدند. کتاب پیترو کرستنسی به تمام زبانها چاپ شد. از سال ۱۴۷۱، چاپ نخست آن در اوگسبورگ، تا سال ۱۵۵۰ از این کتاب شش چاپ به زبان لاتین، نه چاپ به ایتالیایی (نخستین آن ۱۴۷۸)، هفت چاپ به فرانسه (نخستین آن ۱۵۳۳) و یکی به آلمانی (۱۵۱۸) منتشر شد. چاپهای لاتین مربوط به ناشران زیر: کاتون[۲]، وارون[۳]، کلومل[۴] و پالادیوس[۵] به نوبهٔ خود بارها تجدید چاپ شدند. از این کتاب تعداد ۳۱ ویرایش در یک زمان به لاتینی، فرانسوی، ایتالیایی و آلمانی در دسترس بود. نخستین چاپ این کتاب به تاریخ ۱۴۷۲ در ونیز بود که شامل متنهای دیگری هم می‌شد.

کتابهای اصیل تا سدهٔ شانزدهم تألیف نشدند و اکثراً افکار و اطلاعات رایج به چاپ می‌رسیدند. اگر دو کتاب مرجع سدهٔ شانزدهم، که مؤلف آنها فرانسوی بودند بررسی شوند: کتاب Maison rustique شارل اتین[۶] که در سال ۱۵۶۴ به زبان لاتین انتشار یافت و بخشهایی از آن در سالهای پیش از آن منتشر شده بود، و نیز کتاب Théâtre dágriculture تألیف اولیویه دوسر[۷] که در ۱۵۹۹ چاپ شد کهنگی مطالب آنها آشکار خواهد شد. به عقیده آقای گراند، کتاب اولیویه دو سر بیشتر یک پایان است تا آغاز: او مجموعهٔ میراث علمی قرنها تجربه را در کتاب خودگرد آورده است، اما نوآوری کمی از نقش مراتع مصنوعی هم در آن دیده می‌شود. تنها کتابی که واقعاً ارزشمند است. کتاب برنار پالیسی[۸] است که عنوان Recepte Veritable Par laquelle tous Les hommes Pourront apprendre á multiplier et augmenter leurs thrésors (نسخه‌ای واقعی برای اینکه هر کس بتواند ثروتهای خود را افزایش دهد و چند برابر سازد) را بر خود دارد. این کتاب به سال ۱۵۶۳ در لاروشل منتشر شد. پالیسی قصد داشت مفاهیم علمی را در روشهای کشاورزی وارد سازد. این کتاب با استقبال کمی روبه‌رو شد و اثری بر جامعه نگذاشت. آن‌طور که آقای پارن[۹] می‌گوید، این کتاب به آینده توجه داشت و بدون تردید فراتر از حد روشن‌بینی و اطمینان مردمان عصر خود بود.

---

۱. Agronomy بخشی از علوم کشاورزی است که دربارهٔ مسائل علمی و عملی تولید فراورده‌های کشاورزی و ادارهٔ خاک بحث می‌کند.

2. Caton 3. Varron 4. Columelle 5. Palladius 6. C. Estienne 7. O. de Serre

۸. B. Palissy (۱۵۱۰ـ۱۵۹۰)، دانشمند، میناکار، سفالگر و نقاش فرانسوی.

9. Parain

درکشورهای همسایه، نظیر همین وضع برقرار بود: چند اثر جدید در اختیار ما است که ارزش آنها کاملاً نسبی است، گرچه از آنها، به گواهی چاپهای متعددی که طی سدهٔ شانزدهم از آنها شد با استقبال مردم مواجه بودند. از آن جمله کتاب: The Boke of Husbandry فیتسهربرت[۱] انگلیسی است که به سال ۱۵۲۳ انتشار یافت و تا سال ۱۵۵۰ هشت بار چاپ آن تجدید شد؛ و یا کتاب اسپانیایی Libro de Agricultura که مؤلف آن آلونسو هرارا[۲] می‌باشد. این کتاب نخستین‌بار در سال ۱۵۳۹ انتشار یافت؛ و باز می‌توان از کتاب ایتالیایی La Coltivatione تألیف لویجی آلامانی[۳] نام برد که در سال ۱۵۴۶ در پادوا چاپ شد. محتوی کتابهای بالا چیزی جز مجموعه کم‌ارزشی از کشاورزی نیست و بر هیچ اصلاح مهم انجام گرفته در قرون وسطی گواهی نمی‌دهند.

پیشرفتهای علمی مورد استفاده مستقیم در کشاورزی براستی زیاد نبوده‌اند. گیاهشناسی هنوز حالت جنینی داشت، در این رشته پلینی بزرگ، چاپ ۱۴۶۹ و کتاب دیوسکوریدس، چاپ ۱۴۹۸، و تفسیرهایی که ماتیول[۴] در سال ۱۵۴۸ از آن کرده بود تدریس می‌شدند. اوتو برونفلس[5] (۱۴۸۹ ـ ۱۵۳۴) نویسندهٔ آلمانی اهل ماینتس، پزشک مقیم استراسبورگ در سال ۱۵۳۰، نخستین کتاب گیاهشناسی را منتشر ساخت. پزشکان دیگری مانند لئونهارت فوکس[۶] (۱۵۰۱ ـ ۱۵۶۶)، رمبرت دودوانس[۷] (۱۵۱۷ ـ ۱۵۸۸) هیرونیموس بوک[۸] (۱۴۹۸ ـ ۱۵۵۴) نخستین توصیف علمی گیاهان را بیان داشتند؛ گرچه این توصیفها هنوز بسیار ناکامل و مبهم بودند. نقش باغها احتمالاً بسیار مهم بود زیرا مستلزم مطالعهٔ جدیتری است. ایتالیا بویژه از باغهای گیاهشناسی پوشیده شده بود که از معروفترین آنها می‌توان از باغ فرارا[۹]، که در سال ۱۵۲۸ بوسیلهٔ الفونسوی اول استه[۱۰] ایجاد شد و باغ پیزا ۱۵۴۴، باغ پادوا ۱۵۴۶ و باغ بولونیا ۱۵۴۸، نام برد.

مقامات دولتی بدون اینکه برنامهٔ مشخصی داشته باشند، مشوق پیشرفت تکنیک بودند، گرچه خود آنها درک روشنی از آن نداشتند. شارل پنجم فرانسه کتاب پیترو کرستنسی و نیز کتاب بارتولومئو گلانویل[۱۱] را به فرانسه ترجمه کرد و فرمانی دربارهٔ تألیف کتابی راجع به پرواربندی بوسیلهٔ ژان دوبری[۱۲] صادرکرد. درکتابخانه اسفورتسا دست‌نبشته‌های متعددی به زبان لاتینی و کتابهای پیترو کرستنسی وجود داشت. لویی یازدهم مشوق دائر شدن زمینهایی بود که در اثر جنگ بایر شده

1. Fitzherbert 2. A. Herrera 3. L. Alamanni 4. Mathiole 5. O. Brunfels
6. L. fuchs 7. R. Dodoens 8. H. Bock

۹. Ferrara ناحیه‌ای در شمال ایتالیای مرکزی، مدتی پایتخت خاندان استه بود.

۱۰. Este خاندانی که در فرارا و مودنا حکومت داشت؛ آلفونسوی اول ۱۴۷۶ـ۱۵۳۴.

11. B. Glanville 12. J. de Brie

بودند و در وارد کردن اصلاحاتی در آنها تلاش می‌کرد.

ورود گیاهان جدید

نتیجه اصلی کشف امریکا، وارد شدن گیاهان نوین به اروپا بود؛ گیاهانی که از اروپا به امریکا برده شدند، مطمئناً از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. این تبادل گیاهان میان دو قاره درپی کشف امریکا، هنوز به‌طور کامل تحقیق نشده است. تاریخ‌نویسان در مواردی هم‌رأی نیستند، برخیها به اصل امریکایی تعدادی از گیاهان معتقدند؛ در حالی که عدهٔ دیگری منکر این نظر می‌باشند و برآنند که امریکا توانسته است انواع تازه‌ای برای اروپا به وجود آورد که بر انواع اروپایی خود برتری دارند.

دربارهٔ دو گیاه، بررسی تمام نشده است. ابراز نظر قطعی، بدون مدارک روشن دشوار است. مورخان کنونی در امر کشاورزی فکر می‌کنند که لوبیای سفید از امریکا نیامده است؛ در مورد ذرت هم تردید وجود دارد. کسانی که به اصل امریکایی ذرت اعتقاد دارند، نمی‌توانند بگویند که آیا کریستف کلمب در همان نخستین سفر خود در سال ۱۴۹۲ به امریکا آورده است یا اینکه کورتس[1] در سال ۱۵۲۹. گروه دیگری معتقدند که تنها نوع بهتر ذرت از امریکا آورده شده است. به هر حال می‌توان گفت که کشت ذرت در نیمهٔ نخستین سدهٔ شانزدهم در اروپای غربی توسعه زیادی یافت و جانشین کشت گاورس، ارزن هندی و خود ارزن شد.

بالاخره چه گیاهی را می‌توان امریکایی‌الاصل دانست؟ سیب زمینی تا نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم واقعاً شناخته نبود؛ گوجه‌فرنگی را نیز شاید بتوان امریکایی اصیل دانست و به یقین نمی‌توان اظهارنظر کرد. قهوه و نیز نیشکر و برخی غلات از جمله صادرات اروپا به امریکا بودند.

بنابراین دیده می‌شود که سوغات امریکا بسیار ناچیز و بقدر گیاهان دیگری که اصل امریکایی نداشتند کم اهمیت بودند. رستنیهای امریکایی بخصوص در پایان سدهٔ پانزدهم و طی سدهٔ شانزدهم پدید آمدند یا بنحو چشمگیری توسعه یافتند. اصلاحاتی که در نژاد گیاهان ایجاد شد نتیجهٔ آن تدارک خوراکیهای تکمیلی بود که اکثر گونه‌های گیاهی را به آرامی متحول ساخت، و به‌نظر می‌رسد که این تحول صیفی‌جات، در باغهای ایتالیایی ایجاد شد. هویج تا دوران رنسانس مورد اعتنا نبود، اما در این دوران باغداران، گیاهان چوبی را کمتر رد می‌کردند. چغندر از گیاه پازی، که در صیفی‌کاریهای ایتالیا اصلاح نژاد یافت، به‌وجود آمد. کاهو در فرانسه تا زمان شارل پنجم، پایان سدهٔ چهاردهم کاشته نمی‌شد. کنگر در نتیجه اصلاح نژاد کنگر وحشی (خاردار) بوسیلهٔ باغداران جنوب ایتالیا

---

۱. F. Cortez (۱۴۸۵-۱۵۴۷) سردار اسپانیایی که در سال ۱۵۱۸ بقصد تسخیر مکزیک عازم امریکا شد و تمدن آزتک را در سال ۱۵۲۱ درهم شکست؛ و در سال ۱۵۴۱ به اسپانیا بازگشت.

به‌دست آمد. در فلورانس به سال ۱۴۶۶، و در ونیز به سال ۱۴۹۳ این سبزی دیده شده است و از آنجا به تمام قسمتهای غنی اروپا راه یافت. خربزه در ایتالیا در سدهٔ پانزدهم به‌وجود آمد و شارل هشتم آن را به فرانسه برد. طالبی و گرمک در سدهٔ پانزدهم از ارمنستان وارد شد.

در میوه‌ها هم تحول آرام گونه‌ها حس می‌شود. در نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم، توت‌فرنگی، که تا آن زمان در جنگلها چیده می‌شد، در باغها پرورش داده شد. در سال ۱۳۶۸ در باغ شارل پنجم و در ۱۳۷۵ در باغ دوک بورگونی. بوتهٔ تمشک و انگورفرنگی از رستنیهای باغی شدند و از حالت وحشی و جنگلی خارج گردیدند.

در پایان سدهٔ پانزدهم گیاهانی پدید آمدند که تکامل مراتع مصنوعی را تضمین کردند. گیاه اسپرس در آغاز سدهٔ شانزدهم در جنوب فرانسه دیده شد که گویا از ایتالیا آمده بود، زیرا روزگاری در آنجا کاشت می‌شد. شبدر قرمز و گیاه حلفا در نیمهٔ سدهٔ شانزدهم در جنوب فرانسه پراکنده بود.

رستنیهای دیگر از مشرق‌زمین به اروپا وارد شد که از آن میان باید از گل کلم نام برد، که عربها از همان سدهٔ دوازدهم با آن آشنا بودند، ولی تا سدهٔ شانزدهم در اروپا از آن خبری نبود. میخک و دارچین بوسیلهٔ واسکودوگاما در سال ۱۴۹۸ از جزائر ملوک وارد اروپا شد. درخت توت سفید در سال ۱۴۳۴ از شرق طالع[1] وارد توسکال شد، و در سال ۱۴۹۵ از آنجا وارد فرانسه شد. در پایان تذکر می‌دهیم که ساراسنها[2] بدون تردید در اروپای شرقی در قرون وسطی گندم سیاه را می‌کاشتند، این محصول از آنجا راه خود را به غرب گشود، که گویا حدود ۱۴۶۰ در نرماندی و حدود ۱۵۰۰ در برتانی دیده شده است. در زمان هنری هشتم بود که رازک در انگلستان همه‌جا مصرف می‌شد و سبب کم شدن بسیار مصرف جو گردید.

بدین ترتیب می‌بینیم که در جغرافیای گیاهان کاشتنی هیچ‌گونه درهم ریختگی وجود نداشته است و این موتاسیونها (جهشها)یی است که درپی کاشتهای بسیار دقیق در باغهای گیاهان انجام گرفته است.

روشهای کشاورزی

تغییراتی که در روشهای کشاورزی ایجاد شده است و جنبه‌هایی از کشاورزی قرون وسطی که بهتر گردیده‌اند، بسیار کمرنگ هستند و تشخیص آنها دشوار است؛ از این نظر مطالعهٔ کتابهای آگرونومی

---

۱. Levant نامی است که در قرون وسطی به ممالک شرقی مدیترانه اطلاق می‌شد.

۲. Sarrasin نامی که یونانیان و رومیان به مردم چادرنشین بیابان سوریه و عربستان می‌دادند و بعدها به همهٔ کسانی که در جنگلهای صلیبی علیه مسیحیان می‌جنگیدند، اطلاق شد.

که در بالا از آنها سخن رفته است، اهمیت دارد.

در جریان رنسانس در مورد آماده‌سازی خاک، بر روشهای قدیمی چیزی افزوده نشد. روشهای آبیاری و زهکشی زمینها، به‌طور سنتی انجام می‌گرفت. آبیاری مرتعها گویا بهتر شد و شاید دلیل افزایش حشم، همین اصلاح باشد؛ گرچه نسبت زمینهای بایر به دائر در شروع سدهٔ شانزدهم تقریباً، لااقل در پاریس تغییری نیافته است. در سدهٔ پانزدهم در ناحیهٔ ویواره[۱]، زمینهای بایر را هر بیست سال شخم می‌زدند و می‌کاشتند تا تجدید رویش علف تأمین شود. هیچ نوع جدیدی از کود به‌کار نمی‌رفت و کودهای موجود برای بازگردانیدن نیروی خاک کافی نبود. تا آغاز سدهٔ نوزدهم، درختکاری پیشرفت چندانی نداشت، تحول اساسی در این مورد در سدهٔ هجدهم، در پرتو بایر کردن مصنوعی زمینها، افزایش زاد و ولد حشم است. همهٔ بررسیهای محلی مربوط به سدهٔ شانزدهم بر فقدان رشوه دادن به زمینهای مزروعی انگشت می‌گذارند، نقیصه‌ای که علی رغم وجود موادی در پیمانهای اجارهٔ زمین در این مورد، ادامه داشت.

روشهای خاص کشاورزی، نیاز چندانی به پیشرفت نداشتند. حداکثر این است که از بعضی ابزارها استفاده‌های بهتری شده است که آن هم نتیجهٔ تخصصی شدن زیاد انواعی از وسایل بوده است. مثلاً برای شخم‌زدن موستانها در ناحیهٔ بوردوله[۲] در سدهٔ پانزدهم، از خیشهای سبک استفاده می‌شد، در صورتی‌که این کار در قرون وسطی با بیل انجام می‌گرفت.

وسایل کشاورزی تحول محسوسی نیافت. در پایان سدهٔ شانزدهم اولیویه دوسر، در جایی‌که ثبات نوع را توصیه می‌کند می‌نویسد «خیشهای خود را عوض نکنید زیرا بیم آن می‌رود که موتاسیونهای گیاه که نتیجهٔ خیش نخست بوده است از بین برود.» در برابر این سنت‌گرایی افراطی، برنار پالیسی به هوشیاری و مهارت اشخاص اشاره می‌کند که از وسایل سنتی کشاورزی نفرت دارند، همچنان‌که مهندسان نظامی برای مؤثرتر ساختن تسلیحات، حداکثر تلاش خود را به‌عمل می‌آورند. در اینجا بهتر است از قویترین عامل بهبود وسایل کشاورزی، که نتیجهٔ پیشرفت متالورژی است، صحبتی به میان آید. لیکن دو نقل قول بالا نشان دادند که با وجود کوششهایی که به‌عمل آمد، کشاورزان غالباً با تکیه به تجربیات خود با هر تغییری مخالفت می‌ورزیدند. اولیویه دو سر و نیز شارل اتین خیشهایی پیشنهاد کردند که در هر خاکی بهتر از آراتوم عمل می‌کرد؛ اما زحمات آنها به‌هدر رفت زیرا این نوع خیش، مناسب زمینهای ناهموار، زمینهای تنگ و خاکهای سبک اطراف مدیترانه نبود.

---

۱. Vivaraise ناحیه‌ای در دامنهٔ شرقی ارتفاعات مرکزی فرانسه، اکنون جزء ولایت آردش است.

۲. Bordelais منطقه موستانی اطراف بوردو در فرانسه.

آیا خیش دستخوش اصلاحاتی هم شد؟ در گذشته دو نوع اصلی خیش به‌کار می‌رفتند که یکی خیش با خاک برگردان ثابت؛ و دیگری خیش دو شاخه‌ای با مالبند سینه‌ای برآمده بودند. انواع محلی هم وجود داشتند. تنها اصلاحی که در این ابزار به‌عمل آمد ظاهراً درجه‌ای بود که آن را بالا می‌آورد، که ظاهراً در همین هنگام برای توپ هم از درجه استفاده شد. در کتاب: Livre des femmes nobles et renommées که ژان دولابار[1] در فوریه سال ۱۴۰۴ به دوک دوبری[2] تقدیم داشت، نمونهٔ جالبی از آن وجود دارد. در این مینیاتور، دقت عجیبی به‌کار رفته است. مالبند سینه‌ای دو چرخ دارد که وسیلهٔ بالابرنده‌ای را حمل می‌کند که از تنهٔ چند شاخهٔ درخت است. میلهٔ گاوآهن، روی این بالابر مستقر است. با یک گوهٔ چوبی که می‌توان آن را در ردیفی از پنج سوراخ، که در طول میله ایجاد شده است، وارد کرد ارتفاع، معین می‌شود. هر اندازه که گوه نزدیکتر به تیغه باشد، مالبند تنگتر خواهد شد و خیش با عمق کمتری وارد زمین می‌شود. این سیستم برای درجه‌بندی عمق شخم است. به عقیده ماژه[3] مؤلف این نقشه، این نوع خیش کاملترین نوع خیش در فرانسه پیش از انقلاب در تکنولوژی کشاورزی در سدهٔ نوزدهم بوده است. مینیاتوری از کتاب دیگری مربوط به اگیدیو رومانو[4] (اوایل سدهٔ پانزدهم)، سیستم دیگری از تنظیم عمق را ارائه می‌دارد.

بخشهای دیگر کار کشاورزی تغییر نکردند. اتین و اولیویه دوسر، استفاده از غلتک و چنگه با دندانهای چوبی یا آهنی را «برای وجین علفهای هرزه» و پخش یکنواخت بذر توصیه می‌کردند. اما این وسایل را از دیر زمان می‌شناختند و تمام قسمت جنوب اروپا تا نیمهٔ سدهٔ چهاردهم از آنها هیچ استفاده‌ای نکرده بودند.

در مورد ابزارهای دستی، هرگز نمی‌توان امید اصلاحات داشت. تذکر داده می‌شود که بیل که در گذشته دسته‌ای چوبی و تیغه‌ای آهنی داشت، یکپارچه فلزی شد و این تحول نتیجهٔ تکامل نوردکاری بود. ابزارهای فلزی متداولتر و گوناگونتر گردیدند.

نوشته‌های تکنسین‌های کشاورزی و دقت روی تابلوهای نقاشی بسیار دقیق، نظیر نقاشیهای بروگل[5]، بروشنی نشان می‌دهند که حتی چند پیشرفتی هم که در این رشته می‌توان نام برد بسیار نسبی هستند و توده عظیم کشاورزان اروپای غربی هیچ تغییری در روشهای ابتدایی خود وارد نساختند.

---

1. Barre J. de La 2. Berry 3. Maget 4. Egidio Romano 5. Breughel

جنگلها

تکنیک بهره‌برداری از جنگلها هم گرفتار همین محافظه‌کاری بود. تنها درختی که می‌توان روی آن انگشت گذاشت، نه از لحاظ زمان پیدایش، بلکه از نظر بهره‌گیری عقلائی، تبریزی بود. گویا نوع محکمتر و قابل استفاده‌تر آن، از امریکا آورده شده است. به هر حال غرس درختان تبریزی در زمینهای پست و مناطق مرطوب در این دوران انجام گرفته است.

تأثیر غیرمستقیم اکتشافات بزرگ بر روی روشهای بهره‌برداری از جنگلها، تا این زمان بسیار ناچیز بود، ساخت کشتیهای مهمتر و بویژه گوناگونتر ضروری بود و تلاشی که در ساخت کشتیها به‌کار می‌رفت ناچار توجه حکومتها را نگران جنگلها ساخت. رفته رفته مسأله چوب در مناطقی که در تهدید قحطی بودند بسیار وحشتناک شد. شماری از تاریخ‌نویسان تذکر می‌دهند که انحطاط اسپانیا همزمان با فقر جنگلهای آن سرزمین بود که برای ساختن کشتی، آن را تاراج کردند. این فقر جنگل سبب دگرگونیهایی در اقلیم اسپانیا شد که برای کشاورزی زیان‌آور بود. چنانچه این استدلال رد شود می‌توان به این نکته اشاره کرد که دولتها بخاطر نگرانی از کمبود چوب برای ساختمان به جنگلها، بسیار اهمیت می‌دادند.

با اطمینان می‌توان گفت که اینها تنها مسأله مورد نظر دولتها نبودند. از همان زمان سلطنت شارل پنجم در اواخر سدهٔ چهاردهم، مسأله مأمورگذاری در جنگلها برای جلوگیری از قطع نماآت (افزایش درختان)، که در قرون وسطی بلیه‌ای برای جنگلهای فرانسه شده بود، رسم شد. اما رفته رفته مقررات فرانسه در مورد جنگلها در جهت بهره‌برداری منطقیتر از این ثروت چوبی، پیشرفت زیادی کرد. گرچه فرمان شاهانهٔ سال ۱۳۴۶، هرگونه امتیاز جدید استفاده از جنگلهای سلطنتی را ممنوع می‌ساخت، اما برای اینکه شاهد شکل‌گیری نخستین گامهای مؤثر در این راه باشیم باید تا سدهٔ شانزدهم به انتظار بمانیم. فرمان سال ۱۵۴۴ مقرر می‌داشت که قطع درختان باید بر اساس مصالح خود جنگل انجام گیرد نه طبق منافع افراد. در این مورد فرمان دیگری از سال ۱۵۲۰ موجود است که مربوط به جنگلهای شخصی است، اما این فرمان همه‌جانبه و برای تمام جنگلها نبود. مقررات فنی مشخص در این مورد در سال ۱۵۷۳ اعلام شد که در آن چگونگی موارد گوناگون: غرس نهال تازه به‌جای درخت بریده، کاشتن درختان بلوط، حصار کشیدن محوطه‌ای که درختان آن بریده شده است، وجین علفهای هرز، حفظ درختان بذردار مشخص شده بود؛ مقرراتی که منطقی بودند و مساحت جنگل را نیز حفظ می‌کردند. چنین مقرراتی، چنانکه تاراج جنگل کاهش نمی‌یافت، سودی نداشتند. مقامات محلی با حق قطع نماآت جنگل مبارزه می‌کردند لیکن این جنبه از کار هم

خطراتی در بر داشت که کمتر از اولی نبود. اختراع هیدرولیکی که از ثمرات دستگاه بازو و لنگ بود، سبب افزایش بسیار قطع درختان ستبر شد. کوره‌های آهنکاری، شیشه‌سازی، آجرپزی و کارگاههای زغالسازی نیز مورد علاقه حکومت نبودند. تأسیس این نوع کارگاهها، هم از سوی مقامات درباری و هم از طرف مأمورین محلی کنترل می‌شد. اعلامیه‌ای که در سال ۱۵۴۳ در فرانسه انتشار یافت، تأسیس کارگاههای جدیدی را که سوخت آنها چوب بود، اکیداً ممنوع می‌ساخت. در فرانش کنته[۱]، مقامات محلی تعداد کارگاههای آهنکاری را محدود کردند تا سوخت برای گرمای همشهریان تأمین شود. عمل رها کردن الوارها بر روی جریان آب رودخانه‌ها در اواخر سدهٔ پانزدهم و اوایل سدهٔ شانزدهم جرم شناخته می‌شد. همان‌طور که در مجلد اول این تاریخ گفته شد چگونگی اجرای این محدودیت روشن نیست. ولی این مسأله روشن است که با بزرگتر شدن شهرها، این روش، در آن موقع به مقیاس نامعلومی انجام می‌گرفت. همچنین محتمل است که فقیر شدن جنگلهای مجاور مراکز بزرگ مصرف، مردم را ناچار می‌کرد که برای به‌دست آوردن چوب، مسافتهای زیادتری بپیمایند و برای حمل آن راه کم‌خرجتری ـ رها کردن روی جریان آب ـ بیابند.

جانوران

در جهان جانوران هیچ عاملی پدیدار نشد که تکنیک کهنه‌ای را که در این قسمت در سده‌های گذشته با حوصلهٔ زیاد ایجاد شده بود، اصلاح کند. مشخص‌ترین حادثه، وارد کردن اسب به امریکا بود که تا پیش از کشف آن قاره بوسیلهٔ اروپاییها، برای مردم آن سرزمین ناشناخته بود ـ دین دیگری که امریکا به اروپا دارد. دربارهٔ جهان جانوران مطالعات فراوانی انجام نگرفته است، و ما در اینجا خود را به ارائه چند واقعیت اصلی که تاریخ‌نویسان روی آنها انگشت گذارده‌اند، محدود می‌سازیم.

ماهیگیری

چنین می‌نماید که در این دوران، ماهیگیری اهمیت چندانی نداشت. مصرف گوشت، گویا افزایش یافته بود و نیازی به این غذای کمکی نبود. با این همه بنا بر مقتضیات دینی، در زندگی اقتصادی مردم سواحل اروپای غربی، ماهیگیری عامل بسیار پراهمیتی بود. از صید در رودخانه‌ها چیز زیادی برای گفتن نداریم و اصلاحات در این زمینه بسیار ناچیز بود. حداکثر کاری که انجام شد، سازماندهی این‌کار در این دوره بود. گارد ماهیگیری سلطنتی مأمور شد که مانند جنگلها به این کار سروصورتی دهد. بعضی آبگیرها، آزاد اعلام شدند، که تعدادی برای پرورش ماهی گول (قنات)

۱. Franche-Conté ناحیه‌ای در مشرق فرانسه که اکنون شامل سه ولایت ژورا، اوت سون، دو می‌باشد.

و تعدادی هم برای ماهی باربو، خاردار و ... بود که بستگی به نوع و عمق آب داشت، نخستین گامها در مورد پرورش ماهی در همین زمان برداشته شد. براساس یک دست‌نبشته مربوط به سال ۱۴۲۰ یک کشیش بندیکتین بورگونی، نوعی صندوق طویلی با ته و پهلوهای طویل تخته‌ای اختراع کرده است که پهلوهای کوچک آن از ترکه‌های موازی یکدیگر می‌باشد. کف این صندوق با ماسهٔ نرمی پوشیده شده است؛ در این ماسه‌ها حفره‌های کوچکی وجود دارد که پر از تخمهای تلقیح شدهٔ ماهی است. این صندوق را در یک جریان آب بسیار ضعیف قرار می‌دهند. در آنجا ماهیها باید از تخم بیرون بیایند. احتمال کمی می‌رود که این روش پرورش ماهی، نتایج نیکویی به‌بار آورده باشد: در هر حال این کشیش محترم، مبدع بوده است نه مقلد. معذلک این تجربه ارزش الهامبخشی انواع دیگری از وسایل پرورش ماهی را داشت.

روشهای ماهیگیری و تجهیزات آن تغییرات چشمگیری نداشت؛ اما باید به فرمانی اشاره کرد که در سال ۱۴۳۰ صادر شد و گواه کاربرد بیحس‌کننده‌ها در تعدادی از آبگیرهای لانگدوک است: برای این کار از شیرابهٔ گیاه زقوم هندی[1] استفاده می‌شد.

فرمانهای بی‌شماری برای جلوگیری از صید بعضی ماهیها در فصولی از سال در دست است (معمولاً در زمان تخمگذاری)؛ و نیز به‌کار بردن وسایلی (که در موارد بسیاری ما از کم و کیف آنها بی‌خبریم) غدغن شده است. اندازه ماهیهای فروشی در بازارگاهی طبق شرایطی است: فرمانی در سال ۱۳۵۰ تعداد و قد ماهیهای قزل‌آلای مجاز به عرضه در بازار گوشت (هال) پاریس را مشخص کرده است.

صید ماهی در دریا هم دستخوش تحولاتی نشد، این ادعا حداقل در مورد خود عمل صید صادق است. از تحولاتی که قابل ذکر است؛ استفاده از مهاجرت ماهیها و تغییر دادن سدهای دریایی است. طی سدهٔ پانزدهم نهنگ و ماهیهایی نظیر ماهی قود در سواحل اروپای غربی بتدریج کمیاب شدند. صید بالن بیش از پیش کم شد. ماهیگیران در صدد برآمدند که برای صید ماهی قود از ساحل دورتر شوند. این نوشته متأسفانه در مورد صید ماهی در اعماق دریا صراحتی ندارد و مورخان نیز فاقد اتفاق نظر. این نوع صید، مشکلات عدیده‌ای دارد: علاوه‌بر مسأله نوع کشتی و امر کشتیرانی، مشکل نگهداری ماهی برای مدت زیاد سفر هم در میان است، و می‌بایست مقدمات آن با احتیاط زیادتری فراهم شود. در سده‌های چهاردهم و پانزدهم برای پرس کردن ماهی قود نمکزده در بشکه‌ها، پرسی اختراع شد. در مورد وجود ماهیگیران باسک در آبهای نیوفندلند[2] ، پیش از

1. Tithymale

۲. New Foundland یا Terr-Neuve جزیرهٔ بزرگی در جنوب شرقی کانادا، در مصب رود سنت لارنس به

کشف کانادا داستانهایی شایع است. در سال ۱۴۹۷ جان کابوت[1] که در این مسیر کشتی می‌راند، احتمالاً از سدهای دریایی متعددی که مناسب صید ماهی قود بودند گذشت، احتمالاً ماهیگیران باسک پیش از او، در سال ۱۴۵۴، و یا حتی در ۱۴۴۳ این سدها را دیده بودند. شکی نیست که حقیقت این امر هرگز روشن نخواهد شد.

صید شاه‌ماهی نیز با همان روشهای سابق انجام می‌گرفت. با این همه باید به واقعهٔ مهمی اشاره کرد، واقعه‌ای که نتایج اجتماعی آن احتمالاً بسیار مهمتر از نتایج صرفاً فنی آن است. این واقعه کمی پیش از سال ۱۴۴۷ بود که گیوم بوکل[2] نامی وسیله نمکسود کردن و در بشکه انباشتن شاه‌ماهی را مورد استفاده قرار داد. در این تکنیک، ماهیها را به‌طور ساده نمکسود نمی‌کنند، بلکه کار نمکسود و در بشکه ریختن ماهیها با احتیاط و رعایت نکات فراوان انجام می‌گیرد؛ با روشهای ویژه‌ای که فرمانهای آمستردام کاربرد آن را مستلزم رعایت نکات زیاد نمود. این ماهیگیران زمانی که وارد بندر می‌شدند، تنها کاری که می‌بایست انجام می‌دادند، ارسال بشکه به مقصدهای دوردست بود. این کار که با چنین دقتی روی دریا انجام می‌گرفت برای ساکنین ساحل در این زمینه کاری باقی نمی‌گذاشت، و نتیجهٔ آن مهاجرت گروهی ساحل‌نشینان بود.

دامداری

در این رشته نیز همین ثبوت و سکون وجود داشت. لیکن بیدرنگ تذکر دهیم که دو چهارپای جدید و اهلی وارد اروپای غربی شد. بازرگانانی که در اوایل سدهٔ شانزدهم از گینه وارد فرانسه شدند ماکیان را به فرانسه آوردند. مورد بوقلمون، تاریخ‌نویسان را بار دیگر به اختلاف کشانده است: شماری از آنان برآنند که بوقلمون از آمریکا وارد اروپا شده است؛ در حالی که تاریخ‌نویسان دیگر اظهار می‌دارند که از مشرق‌زمین، احتمالاً در سدهٔ پانزدهم آمده است. روی‌هم‌رفته دامداری در سدهٔ شانزدهم توسعهٔ فراوان یافت.

جز در موارد بالا، فنون دامداری عملاً تغییری نیافت. کتاب ژان بری (یا منتسب به او)، که حدود سال ۱۳۷۹ تألیف شده است، تصویری از کارهای دامداری ارائه می‌دهد که قرنهاست تغییر نکرده و تا مدتها نیز تغییر نخواهد کرد. باید متذکر شد که ما با این کتاب فقط از طریق خلاصه‌ای از آنکه در ابتدای قرن شانزدهم تنظیم شد، آشنا شده‌ایم. همه نوع مواظبتهایی که از این حیوانات باید به‌عمل آید شمرده شده است، از قبیل طرز مواظبت از آنها هنگامی‌که بیمار می‌شوند. توصیه‌هایی

اقیانوس اطلس.

1. J. Cabot 2. G. Beukels

در مورد غذا و چرای آنها شده است. کاملاً غیرمحتمل است که این کتاب که یک قرن و نیم بعد هم به چاپ نرسید و هیچ رونوشتی، از دست‌نبشت آن موجود نیست، موفقیت بزرگی در روستاها داشته باشد. وانگهی آموزشهای آن، فقط تکرار تکنیکهای سنتی است. همه این نظرات در مورد کتابهای متعدد دیگر، مربوط به مواظبت از اسبها، صادق است.

چنین می‌نماید که با همهٔ این سکون و ثبوت، حشمداری در اواخر سدهٔ پانزدهم توسعه یافته است. وانگهی چهارپایان که بهتر تغذیه و نگهداری می‌شدند و قویتر شده بودند، در اروپای غربی گوشت بیشتری برای تغذیه تأمین می‌کردند. بعضی از روشها که از زمانهای پیش رواج داشت، توسعه زیادتری یافت. از آن جمله می‌توان از، به چرا بردن گله نام برد که از آن پس چه در دامنه‌های آلپ و چه در دامنه‌های پیرنه به‌طور وسیعی انجام می‌گرفت. در کشور اخیر کار ییلاق و قشلاق گله انجام می‌گرفت و گله را در فصلی به دشت و فصلی به کوهستان می‌بردند.

اصول شکار هم به همان نسق گذشته باقی ماند، این ادعا، لااقل در مورد انواعی از شکار کاملاً درست است و مینیاتور بسیار جالب شکارهای گاستون فوبوس[1] این ادعا را بخوبی تأیید می‌کند. این کنت شهرفوا[2]، حدود هزار و ششصد سگ شکاری داشت که از تمام اروپا آورده بود. کتاب مرجعی گیوم تاردیف[3] نخستین نوشته چاپ شده، دربارهٔ شکار است: این کتاب در سال ۱۴۲۹ منتشر شد لیکن این اثر، که تربیت قوش و دیگر پرندگان شکاری در آن بررسی شده است، بیش از هرچیز اثر یک پروفسور برجسته است. برای اینکه یک اثر اصیلی دربارهٔ شکار با سگهای دونده داشته باشیم باید منتظر بمانیم تا کتاب La Venerie ژاک دوفویو[4] در سال ۱۵۶۱ چاپ شود. کتابهای قدیمی هم تجدید چاپ می‌شدند، مانند کتاب Chasse du roi Modus متعلق به اوایل قرن چهاردهم، که در سال ۱۴۸۶ بار دیگر به چاپ رسید.

تصاویر و متن کتاب بدون هیچ شبهه ثابت می‌کنند که تکنیکهای شکار هیچ تغییری نکردند. شکار با پرندگان شکاری روبه نابودی می‌رفت، در حالی که شکار با سگهای دونده رواج می‌یافت. کمانهای فولادین هنوز بر سلاحهای آتشین برتر شمرده می‌شد و از انواع تورها و تله‌ها استفاده می‌شد.

1. G.Phoebus

۲. Foix مرکز دپارتمان آژیر، در جنوب فرانسه؛ کنتهای فوا پس از قرن یازدهم به حکومت رسیدند.

3. G. Tardif 4. J. du Fouilloux

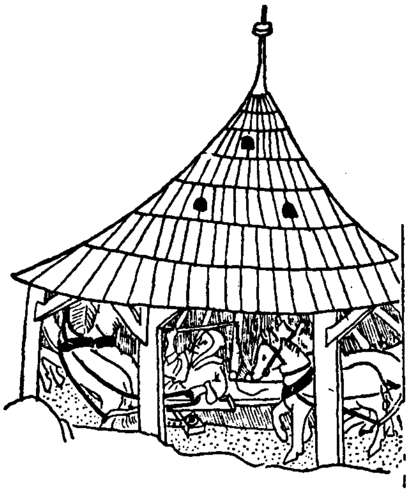
خوراک

احتمال دارد که این پرسش پیش آید که آیا طی سدهٔ ۱۴۵۰ـ ۱۵۵۰ خوراک مردم تغییری یافته است یا خیر؟ در پاسخ به این پرسش، جز اشارات و نشانه‌های پراکنده و محدودی در دست نداریم. باید گفت چنانچه بررسی دقیقی در مورد این مسأله مهم به‌عمل آید، محققاً به این نتیجه خواهیم رسید که تغذیهٔ انسان در این مدت به آرامی تحول یافته است. این تحول امکان دارد در موارد زیر باشد: افزایش مصرف گوشت، که کاهش مصرف ماهی آن را تأیید می‌کند؛ گسترش غلات مقویتر، بویژه گندم سفید که بیشترین غذای گیاهی مصرف روزانه است. بدین ترتیب خوراک انسان متعادلتر و در نتیجه سودمندتر گردید.

استخراج معادن

رنسانس، پیشرفت اصلی خود را در کار استخراج معادن داشته است. این پیشرفت از اواسط قرن پانزدهم آغاز گردید و تا میانهٔ قرن شانزدهم بسرعت گسترش یافت و از آن پس تا قرن هجدهم ثابت ماند. قرون وسطی فاقد هرگونه راهنما و کتابی در مورد کانکاوی بود. تنها گوهرتراشان اشارات بسیار مبهم و نامشخصی دربارهٔ این هنر برجای گذاشته‌اند. کار استخراج معادن هیچ انعکاسی در نخستین مطبوعات پایان قرن پانزدهم نداشته است. نخستین نوشته‌های مختصر معدنی (Bergbuchlein) در نیمهٔ نخست قرن شانزدهم انتشار یافت. این نوشته‌ها بیشتر وقف اکتشافات رگه‌ها و لایه‌های معدنی بود تا خود فن کانکاوی. تا انتشار کتاب مشهور آگریکولا که در سال ۱۵۵۶، پس از مرگش، اتفاق افتاد، هیچ دایرةالمعارف واقعی در مورد کانکاوی و متالورژی وجود نداشت. این اندیشه که کتاب آگریکولا نشان‌دهندهٔ پیشرفت قابل توجه این رشته در میانهٔ این سده است، اندیشه‌ای که بعضیها برآنند، هرگز درست نیست. این کتاب، که در اساس، اثری توصیفی است که مؤلف آن یک تکنسین نیست، در واقع بازتاب نتیجهٔ نهایی تحول آرامی است که آغاز آن سدهٔ پیش بوده است. خوشبختانه، آثار هنری بسیاری چه پیش و چه در زمان خود آگریکولا وجود دارد که ما را با جزئیات متعددی از کار کانکاوی آشنا می‌سازد. به برکت وجود این منابع است که کوشش برای ترسیم تصویری بسیار دقیق از تکنیکهای کانکاوی امکان‌پذیر می‌شود؛ کاری که برای قرون وسطی، به‌علت فقدان منابع آن میسر نیست.

حل مسأله یافتن رگه‌ها و کانسارها و دانش قواعد کلی آنها، تنها متکی بر پیشرفت دانش زمین‌شناسی است که در این دوره بسیار جنینی بود. «نوشته مختصر میدن» Bergbuchlein



شکل ۲۰.اسبگرد (مانژ اسب) برای بالا آوردن سنگ معدن، پایان سدهٔ پانزدهم (وین، کتابخانه ملی).

در سال ۱۵۰۵ در اوگسبورگ منتشر و با استقبال فراوان روبه‌رو شد زیرا تا سال ۱۵۴۰ شش چاپ دیگر از آن انتشار یافت. به عقیدهٔ ما این تکنیک هنوز بسیار تجربی بود؛ در همهٔ آنها، این باور که ستارگان در تشکیل این کانسارها تأثیر قطعی داشته‌اند به‌چشم می‌خورد، باوری که ریشهٔ شرقی و عمر چند صدساله دارد و تا سدهٔ هجدهم جان‌سختی می‌کرد. کاربرد ترکه جادویی، دوشاخه درخت فندق گویا رواج زیاد داشت. در واقع چند افسانهٔ موجود، که بیشتر آنها آلمانی هستند و همگی کم و بیش اساس و پایه‌ای ندارند، گواهی می‌دهند که کشف رگه‌های بسیار غنی در اکثر موارد بستگی به بخت خوش کاشف داشته است. این تحقیق بویژه در مورد کانیهای فلزی مفید است. زغال‌سنگ فقط در اثر بیرون زدن آن از معدن شناخته می‌شد؛ آهن را مثل گذشته از توده‌های آبرفتی این کانی استخراج می‌کردند، این توده‌ها در بعضی مناطق فراوان بودند.

صنعت کانکاوی هنوز از مرحلهٔ تغلیظ، به‌معنای امروزی، بسیار به دور بود. در مکانهای متعددی فقط استخراج محدود فردی وجود داشت که تکنیکهای آن تغییر نیافته بود. بعضیها دارای چاههای شخصی بودند و چهار طاقی کوچکی بر روی دهانهٔ آن بنا کرده بودند و کانکاو از راه آن بوسیلهٔ یک جراثقال دستی پایین می‌رفت تا به رگه برسد و با همان جراثقال سبد پر از سنگ معدن را به بالا می‌فرستاد. راهروهای تنگتری در پایین چاه حفر شده بود. در جدار تزئینی پشت محراب کلیسای آنابرگ[1] در ناحیهٔ ساکس، نمونهٔ کاملی از استخراج فردی را هانس هس[2] در سالهای

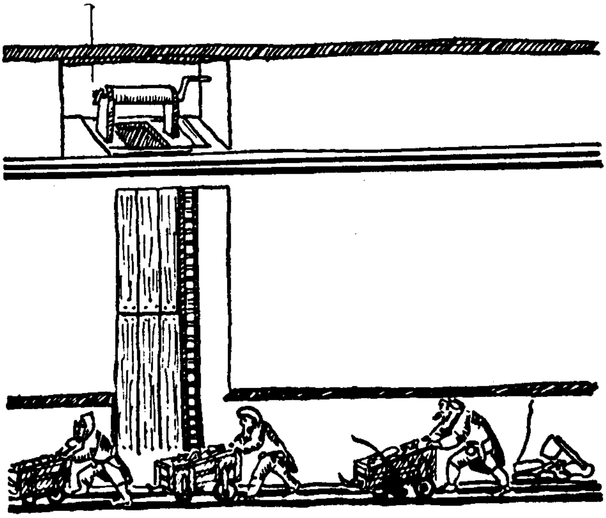
1. Annaberg 2. Hans Hesse

۱۵۲۰ـ۱۵۲۱ نقش کرده است. در این نقش تمام دهانه‌های چاهها مشخص هستند، نردبانها را از آن دهانه‌ها وارد چاه می‌کردند و اطراف آنها را خاک گرفته بود. در بالای دهانه یک جراثقال دستی و روی آن چهارطاقی دیده می‌شود. همچنین چند چاه برای تهویه با پره‌های آن و راهروهایی که به دامنهٔ تپه کوچکی منتهی می‌شدند. منشوری که در سال ۱۳۹۵ دربارهٔ کار معدن در ناحیهٔ آلوار[1] در دوفینه منتشر شد گواه بر این است که گاهی این راهروها یکدیگر را قطع می‌کنند و چنانچه یکی بالای دیگری باشد نشست می‌کند.

در چنین معادن کوچکی دهانهٔ چاه، مانند چاههای معمولی، دایره‌ای است؛ اما در معادن بزرگتر از دهانه‌های مربعی یا مستطیلی استفاده می‌شود؛ که در این صورت چوب‌بندی تونل آن آسان است. هر دو سطح در جهت شیب لایهٔ سنگی هدایت شده‌اند. تعدادی از ترسیمه‌های موجود، نشان می‌دهند که چاهها عموماً، چوب‌بست دارند. در دست‌نویسهای سنت ماری‌اُ ـ مین[2] ـ مانند کتاب آگریکولا ـ دیده می‌شود که تخته‌های چوب‌بست به‌طور عمودی مرتب شده‌اند، نه افقی. راهروها هم، در هر جا که زمین سفت نیست، یا در جایی‌که به تراز آب نزدیک شده‌اند، تخته‌بندی شده‌اند. این چوب‌بندی معمولاً با الوار زبان گنجشک انجام گرفته است. دست‌نویس آلزاسی همچنین قد شمعها را نشان می‌دهد. در چاههای دایره‌ای، تخته‌ها مانند تخته‌های بشکه با یکدیگر مربوط شده‌اند. در مکانهایی هم از برش ذوزنقه‌ای و حتی از مصالح بنّایی استفاده شده است. هرجا که لازم بوده است عقب رفتگیهایی در نظر گرفته شده و تشتکهای چوبی گذاشته شده تا آبها آنجا جمع شوند. همیشه چاه را عمیقتر از پایینترین راهرو می‌کندند تا آب در آنجا جمع شود.

چاههایی هم برای تهویه و یا برای امداد حفر می‌شد که یک دودکش به‌شکل مخروط ناقص مجهز به پره‌های تهویه بر روی آن گذاشته می‌شد که این وسیله هم در جدار تزئینی پشت محراب کلیسای آنابرگ و هم در کتاب آگریکولا دیده می‌شود. در کف این چاه، آتشدانی می‌گذاشتند تا جریان هوا شدت گیرد. با این ابتکار ساده در معادن زغال‌سنگ مانع تجمع گازهای انفجارپذیر معدن (آتش‌دمه) می‌شدند. برای برقراری چنین تهویه‌ای معمولاً از پارچه‌هایی که شخصی آن را روی آتش حرکت می‌داد، یا دمهای دستی، پایی یا آبی استفاده می‌کردند. برای این کار از آسیاهای بادی نیز سود می‌بردند، که در کتاب آگریکولا می‌توان آن را دید. برای اینکه در معادن زغال‌سنگ، حضور آتش‌دمه معلوم شود، دو کارگر پیش از زمان شروع کار از راهروها بازدید می‌کردند؛ سر این کارگرها با یک کیسهٔ پارچه‌ای پوشیده شده بود و هیچ چراغی همراه نمی‌بردند. با همهٔ این احتیاطها، مبارزه با این فاجعه دشوار بود.

1. Allevard 2. Sainte-Marie-aux-Mines



شکل ۲۱.چاه معدن با واگنهای روی خط آهن، پایان سدهٔ پانزدهم (پاریس، اکول دو بو- آر).

برخلاف عملی که اکنون رواج دارد، برای استخراج، در وهلهٔ نخست سراغ عمیقترین رگه‌ها می‌رفتند. در قسمتهایی که زغال آن تمام شده بود جریان آب را باز می‌گذاشتند تا قشرهای میانی معدن خشک گردند.

هر اندازه که در معادن زغال‌سنگ، باید از خطر آتش پرهیز کرد، در معادن سنگها و فلزات، معمولاً برای درهم شکستن سنگها از آتش استفاده می‌شود. علت این امر محدود بودن وسایل جدا کردن سنگ معدن بود. ابزارهای اصلی کان‌کنی عبارت بود از کلنگ، پتک و گوه. در کتاب آگریکولا این ابزار دیده می‌شوند. هاینریش گروس[1] در نقاشی موجود در سنت ماری اُ- مین خود معدنکاوان را پیش از رفتن به درون معدن نشان می‌دهد که در حال جمع‌آوری پیه برای شمعهای خود و نیز برداشتن کلنگها و سرهای یدکی کلنگ می‌باشند. در همین دست‌نویس دیده می‌شود که معدنچیان قطعه بزرگی را به کمک گوه و پتک از معدن جدا می‌کنند. گفته شده است که باروت برای نخستین‌بار در کمنیتس، ۱۵۲۷ به کار رفت. گویا این تاریخ کمی زود است. پس از اینکه رگه تمام می‌شد، سطح خالی بین ستونها را با خاک پر می‌کردند.

استخراجهای کوچک با یک چرخ چاه ساده انجام می‌گرفت. تصاویری از این نوع استخراج در

1. H. Gross



شکل ۲۲.چگونگی کار در معدن، پایان سدهٔ پانزدهم (پاریس، اکول دوبو- آر).

تعدادی از جدارهای تزئینی پشت محراب کلیسای آنابرگ، در حاشیه کتاب دعای سن‌دیه[۱] و نیز درکتاب دعای موجود موزه زیگن[۲] که بین سالهای ۱۴۸۰ تا ۱۵۲۰ تهیه شده‌اند، دیده می‌شوند. چنین مکانیسمی برای بهره‌برداری فردی کاملاً کافی بود. زمانی‌که چاه بسیار عمیق می‌شد، یا اینکه تولید آن فراوان بود، مانند ارناز[۳] منطقه لیژ و یا فلکه کابل پیچ معادن فرانسه، ترتیب یک اسبگرد (مانژ) را می‌دادند. این اسبگرد، بشکه‌ای زنجیری را، که سبدها یا جعبه‌ها بدان وصل بودند، می‌گردانید. دو چاه که در پشت محراب آنابرگ تصویر شده‌اند، گویا با اسبگرد مجهز شده‌اند. نمونهٔ خوبی از این وسایل در نسخه دست‌نویسی موجود درکتابخانه ملی وین یافت می‌شود که اسبگردی با چهار اسب در آن تشخیص داده می‌شود. کتاب آگریکولا به ما ماشینی را هم معرفی می‌کند که چند کلمه‌ای دربارهٔ آن می‌گوییم. این ماشین از دو چرخ هیدرولیکی که پشت به پشت یکدیگر قرار دارند و پره‌های آنها در جهات مخالف یکدیگر میل دارند، تشکیل می‌شود. دو مجرا که دارای شیرهای متحرک هستند آب را روی این یا آن چرخ هدایت می‌کنند. بدین ترتیب می‌توان چرخ چاه را به یکی از دو طرف گردانید. معدنکاو به کمک نردبان یا تیر چوبی و یا از طریق پلکانی که در دل سنگ کنده شده است به پایین می‌رود، و بالاخره ممکن است در یک نوار چرمی هم برای رفتن به ته چاه استفاده کند.

تولید معادن، چه زغال سنگ و چه سنگ معدن به سطح آورده می‌شود. برای این منظور، گاه‌گاهی از سبد استفاده می‌شود و در دست‌نویس وین تعداد زیادی سبد روی زمین نقش شده است. در راهروها برای حمل بار به خود چاه، یا از فرغون کمک می‌گیرند (جدار پشت محراب کلیسای آنابرگ و کتاب آگریکولا)، و یا از انواعی واگنت که روی ریلی از چوب حرکت می‌کند

۱. Saint-Dié شهری در ولایت وژ در مشرق فرانسه.

2. Siegen 3. Hernaz

(سنت ماری اُ ـ مین، یا تصویری که بوسیله گاسن[1] در سال ۱۵۴۴ تهیه شده است و در موزهٔ بروکسل از آن نگاهداری می‌شود). گویا خاستگاه این سیستم، آلمان یا بلژیک است. نویسندگانی هم، خواسته‌اند ثابت کنند که این کار در سدهٔ دوازدهم عملی می‌شد، ولی دلیل قاطعی در دست ندارند. به‌هرتقدیر این روش گویا در زمان آگریکولا رواج داشت؛ در آن هنگام راهروسازی معادن توسعهٔ قابل توجهی یافته بود.

حل مشکلات مربوط به تخلیهٔ آب بسیار دشوار بود. در معدنهای واقع در سواحل دریا، در مواردی، مثلاً در حومهٔ لیژ، حل این مشکل آسان بود. آبهایی که در راهروها جمع می‌شدند از شکافهای معدن در دامنهٔ تپه به خارج سرازیر می‌شدند. این آبها، حتی در لیژ، برای تقویت شبکه آبرسانی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. وانگهی یک سیستم تلمبه‌زنی برای بالا آوردن آب از ته چاه تا حداقل شروع لوله‌های فاضلاب باید درنظر گرفته می‌شد. این کار در ابتدا با چرخ چاه و با اسبگرد و تعدادی بشکه انجام می‌گرفت. یک معدنکاو اهل لیژ به نام آنتوان ژانتیل[2] تصور می‌کرد که راه‌حلی برای این کار یافته است (۱۵۲۱)، و آن بشکه‌های شیرداری بود که به‌طور خودکار پر می‌شد. بعداً درصدد یافتن وسیلهٔ دیگری برآمدند که با تکنیک دیگری عمل کند. ساده‌ترین آن ناعوره بود، چه ساده‌ترین آن ناعوره با اسبگرد، چه ناعوره‌های هیدرولیکی که در جاهای دیگری به‌کار گرفته می‌شدند. این دستگاه معمولاً حلقه‌بلندی از طناب بود که تعدادی بشکه یا ظرفهای دیگر به آن آویخته بودند. نمونهٔ کاملی از این ناعوره را می‌توان روی پارچهٔ قلابدوزی مربوط به آغاز قرن شانزدهم که در موزه لوور نگاهداری می‌شود، دید. نقش این پارچه نشان می‌دهد که برای بالا آوردن آب شور چاه از چنین وسیله‌ای استفاده می‌شود. زنجیرهایی که کاسه‌هایی به آنها بسته شده است درکتاب آگریکولا ارائه شده‌اند. به عقیدهٔ آگریکولا وسیلهٔ دیگری هم برای این منظور به‌کار می‌رفته است و آن لوله‌هایی است که زنجیری مجهز به تعدادی گلوله از درون آنها می‌گذرد، این زنجیر در آب جمع شده در ته چاه غوطه‌ور است. این زنجیر یا با نوعی اسبگرد یا با چرخهای قفسی و گاهی هم با چرخهای هیدرولیکی عمل می‌کرد.

نخستین کسی‌که از کاربرد تلمبه‌های مکشی ـ فشاری، که با منابع انرژی گوناگونی عمل می‌کنند یاد کرده است، آگریکولا می‌باشد. طبیعی است که این تلمبه‌ها با دستگاه بازو و لنگ مجهز می‌شدند. در مورد استفاده از این نوع تلمبهٔ درکار تخلیه آب معادن، ما هیچ مدرکی نداریم. می‌گویند نخستین‌بار در لیز و در سال ۱۵۳۱ به‌کار رفته است. ساختن چنین تلمبه‌هایی دشوار است. تصاویر موجود درکتاب آگریکولا، مته‌کاری لوله‌های چوبی را نشان می‌دهد؛ وسایلی که

1. Gassen 2. A. Gentil

برای کار استفاده می‌کردند بسیار ابتدایی بود.

به‌هر تقدیر می‌توان گفت که استخراج معادن، بویژه در آلمان، در اثر پیشرفت وسایل گوناگون تکامل زیادی یافت. ما بعدها دربارهٔ آوازهٔ معدنکاوان آلمانی در سراسر اروپا صحبت خواهیم داشت، در همه‌جای اروپا پیشبردن این صنعت و آوردن تکنیکهای جدید در این رشته، از آنها استمداد می‌شد.

۵

تبدیل مواد

در دو سده از ۱۳۵۰ تا ۱۵۵۰ روشهای تبدیل مواد خام دستخوش تغییرات اساسی شد. این تحول بسیار جدی و سریع بود، زیرا در واقع بیشتر آن بین نیمهٔ سدهٔ پانزدهم تا نیمهٔ سدهٔ شانزدهم انجام گرفت.

این تغییرات در هر رشته‌ای از تبدیل مواد دیده می‌شود: در حقیقت، گرچه تکنیکهای حرارتی، معمولاً پایدار هستند و تعدادی از آنها از گذشتهٔ خود بریدند، اما روشهای مکانیکی به دنبال گسترش چشمگیر ماشینیسم، که اشاره به آن شد سرا پا دگرگون گردیدند.

وانگهی روشن است که این پیشرفت تکنیک در دورهٔ رنسانس به مرزهایی برخورد که اطلاع ما از آنها چندان نیست. ماشینی که در یک طرح مهندسی ارائه شده است، حتی در یک رسالهٔ تکنیکی، غالباً اندیشه‌ای را می‌نمایاند تا اینکه راهنمایی برای ساخت باشد. یک مکانیسم بسیار پیشرفته را جز با آهن نمی‌توان تحقق بخشید زیرا برای ساختن یک ماشین بغرنج، چوب شرایط لازم را ندارد. بدین ترتیب؛ ترقیات متالورژی هرچه باشد، ما به نیمهٔ قرن شانزدهم نرسیده وارد مرحله‌ای شدیم که اصطلاح مرحلهٔ فلز دقیقاً بر آن انطباق دارد. زمانی هم

که این ماشینها ساخته شوند، این پرسش پیش می‌آید که دامنهٔ کاربرد آنها تا چه اندازه است. تاریخ‌نویسان سدهٔ نوزدهم اظهار می‌دارند که روشهای پیشه‌وری قدیمی، که ابزارها و روشهای بسیار ابتدائی را به‌کار می‌گیرند هنوز در این سده، در همه جا دیده می‌شد. اما وضع در سدهٔ شانزدهم چگونه بود؟

روشهای حرارتی

در این زمینه ما با همان دشواریهای دوران پیش روبه‌رو هستیم که عملاً بر طرف ناشدنی هستند. اندازهٔ دماهای مورد استفاده، برای ما مشخص نیستند. اطلاعات ما دربارهٔ ساختمان کوره‌ها، شکل و طرز کار آنها، اخیراً کمی افزایش یافته است. خوشبختانه طرحهایی که ارائه شده‌اند و نیز وجود چند کتاب فنی ما را قادر می‌سازد تا به بعضی از پرسشها پاسخ دهیم.

همیشه در شرایط یکسان از یک نوع سوخت استفاده می‌شد؛ در واقع چوب از دیر باز تا آن زمان، سوخت اصلی باقی مانده بود. چوب، به‌صورت مستقیم (هیزم) و یا غیرمستقیم (زغال چوب) به‌کار می‌رفت. نقشه‌هایی از تهیهٔ زغال در آن دوران در دست است. نسخه دست‌نویس سنت‌ماری‌ـ‌اُـمین دستاسهایی را بدقت به ما ارائه می‌دارد که هیزم‌شکنانی با روشهایی که طی قرنها تفاوتی نکرده‌اند، نصب کرده‌اند. گسترش معادن زغال‌سنگ ثابت می‌کند که زغال‌سنگ رایجترین سوخت بود. چنانچه آغاز استفاده از زغال‌سنگ در آهنگری را در آغاز سدهٔ چهاردهم و در روستای بلژیکی مارشین[1] بدانیم؛ چنین ادعایی ارزش چندانی ندارد و می‌توان گفت که پیش از آن هم بارها از زغال‌سنگ در آهنگری استفاده شده بود.

شیشه‌سازی

اطلاعات ما از تکنیکهای شیشه‌سازی را هم شواهد باستان‌شناسی و هم نوشته‌های موجود غنی‌تر ساخته‌اند. نوآوریهای متعددی در این رشته، بخصوص در صد سال ۱۴۵۰ ـ ۱۵۵۰ وارد کار شده‌اند. پیش از هرچیز دیگر، از رواج روزافزون سود صحبت می‌کنیم که رفته رفته جای پتاس را گرفت. کاربرد سود سبب شد که شیشه زودتر ذوب شود در نتیجه آسانتر می‌توان به آن شکل داد، و همچنین یکنواخت‌تر و شفافتر است، بنابراین می‌توان آن را خالصتر و صافتر (شیشه جام) ساخت.

نوع تازه‌ای از شیشه در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم تولید شد که گسترش زیادی یافت. این شیشه را شیشه ونیزی یا کریستال می‌گفتند. شروع ساخت کریستال نیز مشخص نیست و افسانه‌هایی

1. Marchiennes

دربارهٔ اختراع آن وجود دارد که شروع آن از نوعی شیشه ناحیهٔ مورانو[1] به نام شیشه برووریو[2] در سال ۱۴۶۳ می‌باشد. معذلک در سال ۱۶۲۳ شیشه‌گران نورماندی مدعی شدند که این نوع شیشه را اجداد آنها در ۲۵۰ سال پیش در لانگدوک می‌ساختند. شیشه ونیز از نوع شیشه‌های دارای سیلیکات پتاسیم و آهک بود که بعدها جای خود را به شیشه‌های دارای سرب (سیلیکات پتاسیم و سرب) داد که لااقل در فرانسه در آغاز قرن نوزدهم شروع شد و نوعی کریستال واقعی بود. در شیشه‌های ونیزی برای اینکه شفافیت زیاد باشد از مواد بسیار خالص (سود از مصر یا سوریه) که از سوزاندن علف خاص (قلیا) به‌دست می‌آمد و ریگهای تیچینو[3] استفاده می‌کردند.

در مورد شیشه جام تغییراتی ضبط نشده است. شیشهٔ بی‌رنگ گویا کمتر از قرون گذشته جلب توجه می‌کرد. برای اینکه شیشهٔ رنگین به‌دست آید روی شیشهٔ بی‌رنگ را با لایه‌ای از شیشهٔ رنگین می‌پوشانیدند. آنگاه با وسایل مکانیکی لایهٔ رنگین را می‌تراشیدند تا شیشه دارای حالت قشنگی باشد. بعضی از شیشه‌های جام مربوط به این دوران، از چندین لایه تشکیل شده است. قطعات بزرگ شیشه (با ابعاد ۶۰ تا ۷۰ سانتیمتر) را در این زمان با الماس می‌بریدند.

در قرن شانزدهم تولید شیشه بخاطر توسعهٔ کاربرد آن، افزایش فوق‌العاده‌ای یافت. در این‌باره، باید روی کاربرد شیشهٔ جام انگشت گذاشت. شیشه پنجره که در سابق بسیار کمیاب و ویژه خانه‌های مجلل بود بسیار رواج یافت. دربارهٔ کاربرد بسیار متداول آینه هم باید تأکید کرد، که شیشه‌ای بود که یک‌سوی آن را با سرب پوشانیده بودند. سرب را گویا بیشتر از گلوله‌های متلاشی‌شده می‌گرفتند. شیشه‌های ونیزی، که در آغاز شهرت بسیار یافتند با دمیدن در استوانه‌هایی از شیشهٔ بلور تولید می‌شدند. ساخت این نوع شیشه‌ها به برادران دل‌گالو[4] نسبت می‌دهند، تقاضانامه‌ای که تاریخ ۱۵۰۳ بر خود دارد مدرکی بر این ادعاست.

بدین ترتیب؛ روشن است که در صنعت شیشه‌سازی اصلاح قابل ملاحظه‌ای به‌عمل نیامد. مهمترین حادثه‌ای که در این رشته دیده شد، رواج فراوان پنجره در خانه‌ها بود با این حادثه مسیر زندگی را به‌طور چشمگیری تغییر داد.

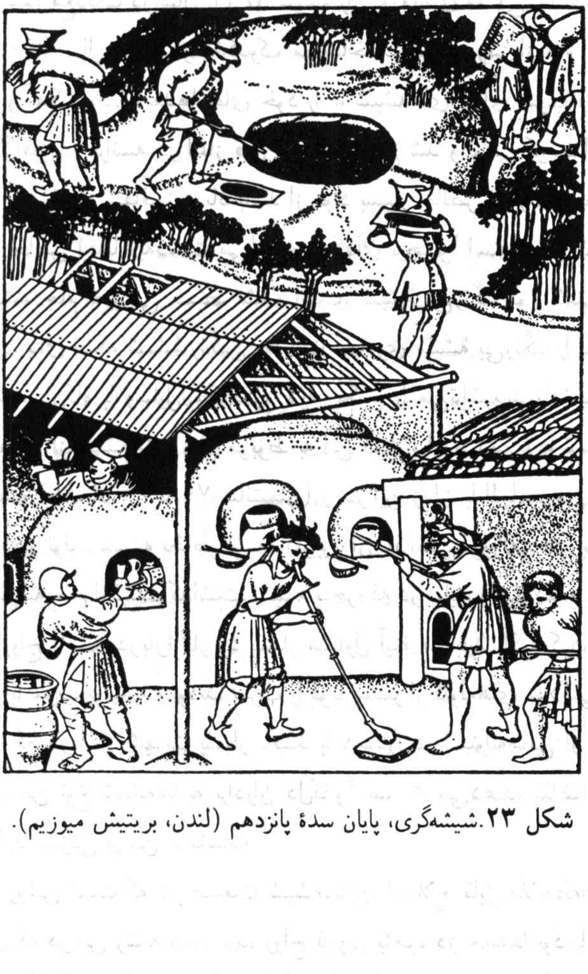
---

۱. Murano بلوکی از دهستانها در ونیز.

2. Beroverio

۳. Ticino ناحیه‌ای در جنوب سویس، در دامنهٔ جنوبی آلپ مرکزی.

4. del Gallo

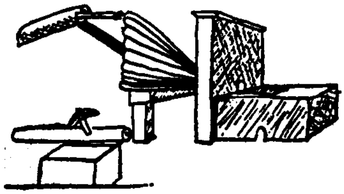


شکل ۲۳.شیشه‌گری، پایان سدهٔ پانزدهم (لندن، بریتیش میوزیم).

فلزات؛ آهن

تحول تکنیکهای متالورژی، بی‌شبهه، یکی از عوامل بنیادی در تاریخ تکنولوژی دوران رنسانس است. بدبختانه، دربارهٔ خاستگاه این تحول و مراحل آن اطلاع زیادی در دست نیست و مورخان از چند اطلاع محدودی که در کتابها می‌توان یافت، ارزیابیهای متفاوتی می‌کنند.

در پیشتر گفتیم که دمیدن هوا در کوره‌های احیاکنندهٔ سنگ‌آهن بوسیلهٔ دمی که با هیدرولیک کار می‌کرد، گویا در نیمهٔ نخست سدهٔ چهاردهم ذکر شده است، اما نخستین تصویرهای چنین دمی تا نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم وجود نداشت، و این در دفتر یادداشت یک مهندس ایتالیایی دیده شده است. این تکنیک که هوا را با قدرت بیشتری به درون کوره می‌راند، بدون تردید بزرگتر ساختن ابعاد



شکل۲۴.کورهٔ خالص‌سازی، سال ۱۴۵۲ (فلورانس، بریتیش میوزیم).



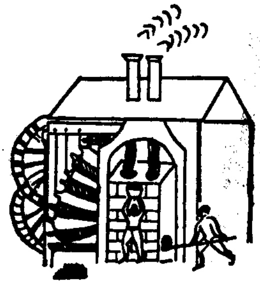
شکل۲۵.کورهٔ احیای سنگ معدن، سال ۱۵۴۰ (پیروتکنیا، بیرینگوتچی).

کورهٔ ذوب را ممکن ساخت. کوره‌ها راه تکامل را پیمودند. نویسندگان آلمانی برای تعیین مراحل این تحولات نامهای ویژه‌ای گذاشته‌اند، مثلاً Stuckofen (کورهٔ استوانه‌ای)، بعد Flussofen (کوره بلند معمولی). در اثر افزایش ابعاد ساختمان کوره و در نتیجه حجم بیشتر سوخت‌گیری آن، توانستند چدنی با کربن زیادتر از گذشته به‌دست آورند؛ اما مزیت اصلی این کوره‌ها، جریان یافتن چدن مذاب از آنها بود. برای رسیدن به این نتیجه، کوره‌هایی لازم بود که ۱۲ تا ۱۵ پا ارتفاع داشته باشد و دم آن نیز هیدرولیکی باشد.

مسأله‌خاستگاه و تاریخ اختراع کورهٔ بلند مورد بحث فراوان است. حتی محتمل است که این مسأله همیشه حل ناشده بماند. کسانی خاستگاه آن را هلند، و بخصوص ناحیهٔ لیژ و تاریخ پیدایش آن‌را اواخر قرن چهاردهم و اوایل قرن پانزدهم می‌دانند. تاریخ‌نویسان دیگری، با دقت زیادتر لیکن بدون دلیل کافی، اظهار می‌دارند که نخستین کورهٔ بلند در ناسو[1] در سال ۱۴۷۴ ساخته شد. در واقع می‌توان گفت که کورهٔ بلند می‌بایست در نیمهٔ دوم قرن چهاردهم اختراع شده باشد و این امر یا در ناحیهٔ لیژ صورت گرفته است و یا در ساحل رودخانه راین. از لحظه‌ای که فکر مرتفع کردن کوره بلند قوت یافت، اندیشه‌ای که با موجود بودن دمهای قوی همراه بود، در راه تولید چدن، دیگر هیچ اشکالی باقی نماند، و در هرجا می‌توانستند آن‌را تولید کنند.

کورهٔ بلند مسیری را که از نظر جغرافیایی پیموده است کاملاً قابل توضیح است. هر اختراع تکنیکی، لااقل در این دوران بدون مهاجرت کارگران آن انتقال‌پذیر نبود و خط توسعهٔ وسایل نوین را می‌بایست در مسیر جابه‌جا شدن استادان آهنگر یافت. در شهرستان لیژ، فرضاً که خاستگاه کوره بلند باشد، چنین کوره‌ای می‌توانست در قرن شانزدهم تنها وسیلهٔ تولیدکننده چدن باشد. ساختن

۱. Nassau از شهرهای قدیم آلمان در پروس، کنار شاخابهٔ لاهن از شعبات رودخانه راین واقع است.



شکل ۲۶.کورهٔ بلند، سدهٔ شانزدهم (طرح از Public Record Office).

این کوره آرام آرام وارد منطقهٔ مسطح انو[۱] و نامور[۲] شد. چنین می‌نماید که در پایان قرن پانزدهم شهرستانهای متعددی در فرانسه با این کوره آشنا بودند، که از جمله آنها می‌توان از لورن، شامپانی، نیورنه و نورماندی نام برد. در میانهٔ سدهٔ شانزدهم این تکنیک وارد الزاس، فرانس‌کنته و برتانی شد. فقط بعد از این بود که به جنوب راه یافت. کارگری لیژی به نام لویی دوژر[۳] در میانهٔ سدهٔ شانزدهم این تکنیک را به سوئد منتقل کرد. کورهٔ بلند، گرچه در این زمان در درهٔ راین برپا بود ولی در اواسط سدهٔ شانزدهم سراسر آلمان از آن بیخبر بود. تکنیک کوره بلند بوسیلهٔ کارگران فرانسه به انگلستان انتقال یافت.

چدن از نظر خاصیت ریخته‌گری امتیازات زیادی داشت و با آن می‌شد طرحهای جدید فراوانی را به انجام رسانید بخصوص از آن توانستند وسایل چدنی برای مصرف خانگی و صنعتی بسازند. با وجود این، تولید فولاد ضرور بود و برای این کار، مقداری از کربن چدن می‌بایست سوزانیده شود. برای این منظور چدن را در تصفیه‌خانه‌ای عمل می‌آوردند. در پایان سدهٔ هجدهم برای خالص‌سازی چدن چند روش وجود داشت، این روشها هرکدام نام محلی را بر خود داشتند که در آنجا عملی می‌شدند. با تمام این احوال، خاستگاه مشترک این روشهای گوناگون را می‌توان تعیین کرد. بعدها این روشها، هم از لحاظ سوخت به‌کار رفته برای خالص‌سازی و هم از جنبهٔ خصوصیات مربوط به محل تولید؛ از یکدیگر تفکیک شدند، اما در هر حال روش والون[۴]، کهنترین روش برای این منظور شناخته شده است.

۱. Hainaut ناحیه‌ای در جنوب بلژیک.

۲. Namur ناحیه‌ای در جنوب بلژیک.

3. Louis de Geèr

۴. Wallonie بخش جنوبی و جنوب‌شرقی بلژیک.

عمل اکسیداسیون چدن، کار ساده‌ای نبود. روش والون این بود که شمشهای چدن را در یک کورهٔ پلکانی که با زغال چوب گرم می‌شد، ذوب می‌کردند. چدن ذوب‌شده به‌شکل قطراتی در آتشدان کوره می‌افتاد و اکسید می‌شد، ناخالصیهای آن (کربن، سیلیسیم، منگنز) می‌سوخت، آهن به‌شکل ذراتی در ته بوته فراهم آمده که پس از سرد شدن، قطعهٔ آهنی را «چونه» اصطلاح کرده بودند، تهیه می‌شد. فسفرزدایی از چدن با روش بالا بسیار ناتمام انجام می‌گرفت. بنابراین می‌بایست از چدنهای کم فسفر استفاده می‌کردند و برای همین منظور، تنها چدنهای سفید به‌کار می‌بردند. شکی نیست که روش والون قبل از هرچیز بدلیل استفاده از محصول نامرغوب کوره‌ای بود که بد کار می‌کرد، محصولی که آن را چدن می‌نامیدند. برای اینکه کار را کوتاهتر سازند، شمش چدن را قبلاً در کوره‌ای که مجاور کوره اصلی قرار داشت گرم می‌کردند.

اما در مورد ریخته‌گری، باید پذیرفت که در این قسمت هم مدارک دقیقی در دست نیست. تنها می‌توان گفت که صفحات چدنی شومینه، تاریخهایی را بر خود دارند که خاستگاه ریخته‌گری چدن را مشخص می‌سازند. بعضی از این صفحات تاریخ پایان سدهٔ پانزدهم را دارند. ریخته‌گران اولیه، در خاک یا در درجه قالبگیری می‌کردند؛ عیناً شبیه کاری که مفرغ‌ریزان انجام می‌دادند. اما لازم بود که قالبهای فوق را با دمای بالاتر مناسب سازند؛ از سوی دیگر از چدن تنها برای ریخته‌گری قطعات ستبر می‌توان استفاده کرد که به تراشکاری بعدی هم بی‌نیاز باشند. می‌توان حدس زد که این تکنیک مدتها در حالت جنینی ماند.

اطلاع ما از ساختمان کوره‌ها بسیار محدود است. تا اواسط قرن شانزدهم که در این باره راهنمایی منتشر شد، تنها چند اثر هنری، که نقاشانی که در لیژ کار کرده بودند اجرا کرده‌اند، در دست است. نقشی از یک کوره در تابلویی اثر یواخیم پاتینیر (حدود ۱۴۸۰ ـ ۱۵۲۴) جلب توجه می‌کند. این کوره از مصالح سنگی ساخته شده است؛ در بیرون آن نردبانی کارگذاشته شده است تا به دهانه بارریزی کوره بتوان دست یافت. ارتفاع آن ظاهراً پنج یا شش متر است؛ در پایین آن سوراخی است تا چدن ذوب شده از آن بیرون آید. این کوره جنب ساختمانی است که سقف آن با کاه پوشیده شده است. این ساختمان بدون شک برای خالص‌سازی چدن و پتک‌کاری آن است. دهانهٔ کوره، بروشنی، تخیلی است.

همهٔ آثار هانری بلس (حدود ۱۴۹۰ ـ ۱۵۵۰)، گویا همین کارگاه را ارائه می‌دهند. سه چاه معدن که یک چرخ چاه ساده روی آنها قرار دارد در این آثار دیده می‌شود، یک کارگاه سنگشویی معدن دیده می‌شود که کارگری با یک پیه‌سوز، سنگها را در آب جاری تکان می‌دهد. در عمق تابلو

یک کورهٔ بلند دیده می‌شود، که شعله‌ای از دریچهٔ بارگیری آن به بیرون سرکشیده است. این شعله از سقف کاهگلی سالن ریخته‌گری بالاتر می‌رود. دو ناودانی چوبی آب را روی چرخ کوره می‌ریزند: یکی خمیده است و آب خود را بر بالای چرخ می‌ریزد، اما دیگری، در حالی که پره‌ها بخشی از مسیر نزولی خود را طی کرده‌اند روی سه‌چهارم آنها می‌ریزد. در کورهٔ برادران وان والکنبورک[1] که کمی پس از سال ۱۵۵۰ ساخته شده است، همین وضعیت مشاهده می‌شود. در این کوره چوبدستهای بزرگی هم دیده می‌شود که همچون فنری دمها را بالا می‌آورند (پرباد می‌کنند).

در مورد کوره‌های خالص‌سازی باید به حدس و گمان قناعت کرد. اما ضمناً باید گفت که این کوره‌ها تا نیمهٔ دوم قرن هجدهم در حالت ابتدایی خود بودند.

فلزات ناآهنی

اگر بگوییم که در مورد متالورژی آهن، اطلاعات ما تا حدودی کامل است، در مورد فلزات دیگر، دانش ما بسیار جزئی است. دربارهٔ فلزات ناآهنی برای اینکه به چند اطلاع دقیق دست یابیم ناچاریم که تا انتشار کتابهای وانوتچی بیرینگوتچی و آگریکولا منتظر بمانیم. حقیقت این است که فلزات ناآهنی مورد استفاده نسبتاً معدود بودند. قلع معمولاً همراه مس بود و جدا کردن آن به‌علت دمای ذوب پایین، اشکال چندانی نداشت. طلا، غالباً به حالت خالص طبیعی به‌دست می‌آمد. نقره، جز رگه‌های معدنی خالص، چون در سنگهای معدنی معمولاً همراه با سرب است، به‌دست آوردن خالص آن دشوار بود.

سنگهای سربدار و مس‌دار غالباً به‌شکل ترکیب آنها با گوگرد است. بنابراین باید پیش از هر کار، آنها را تشویه کرد تا گوگرد آنها خارج شود و سرب و مس نیز اکسید شوند؛ در این حالت در کوره‌های بسیار اولیه هم، که شباهت زیادی به کوره‌های کم ارتفاع ابتدایی تهیهٔ آهن دارند، می‌توان آنها را به‌دست آورد.

احتمال می‌رود که معمولاً نقرهٔ همراه با سرب و مس را رها می‌کردند. بنا بر شایعهٔ بسیار ریشه‌داری، شخصی به نام یوهانس فونکن[2] در ۱۴۵۱ روشی را برای جداسازی نقره از سرب و مس ابداع کرد.

چنین می‌نماید که وسایلی که برای به‌دست آوردن مس به‌کار می‌رفت طی سالیان ۱۴۵۰ ـ ۱۵۵۰ تغییرات زیادی یافته باشند. مس، که تا آن زمان کاربرد محدودی داشت و تنها در ساختن ناقوس و قطعات برنجی ریخته‌گری‌شده به‌کار می‌رفت، به‌علت افزایش تقاضا برای ساختن لوله‌های توپ از

1. Van Walkenborch 2. J. Funcken

مفرغ، افزایش زیادی یافت؛ در این‌باره باز صحبت خواهیم کرد. برای تهیهٔ مس، کارگاههای جدیدی تأسیس شد که آلمانیها آن را Saigerhütte می‌نامیدند این کارگاهها به‌علت استفاده همه‌جانبه از نیروی هیدرولیکی برای دمهای کوره و پتک‌کاریها، بزرگتر و کاراتر از گذشته بودند.

در سایهٔ این تکنیکها بود که ثروتهای کلانی در داد و ستد یک فلز، که تقاضا برای آن فزاینده بود، فراهم آمد. ژاک کور[1] در میانهٔ سدهٔ پانزدهم و خاندان فوکر[2] بین سدهٔ پانزدهم و میانهٔ سدهٔ شانزدهم از این داد و ستد سود فراوان بردند. اما اطلاع ما از وسایل تولید این فلز بسیار کم است. نسخهٔ دست‌نویس سنت ماری‌ـ اُـمین یک کارگاه ریخته‌گری را ارائه می‌دهد که بر پایهٔ اطلاعاتی که آن تصویر می‌دهد بدون هیچ تفاوتی، هم برای به‌دست آوردن سرب و هم برای تهیهٔ مس به‌کار می‌رفتند. تنها منظرهٔ بیرونی کوره و دو سوراخ بارگیری و دمهای کوره که به توسط یک چرخ هیدرولیکی عمل می‌کنند، تشخیص داده می‌شوند. در گوشه‌ای از تصویر، کوره خالص‌سازی دیده می‌شود. این کوره که گرد، و دارای شکمی فلزی است و با زنجیری می‌توان آن را بلند کرد برای به‌دست آوردن فلز ضروری است. در روی جدار پشت محراب کلیسای آنابرگ، که حدود سال ۱۵۲۱ پایان یافته است، تصویری دیده می‌شود که یک کوره استوانه‌ای آجری را بار می‌زنند؛ از سوراخ پایینی این کوره، فلز گداخته جاری است. در سمت راست تصویر در عمق، کارگری در مقابل کوره دارای پیشکوره (بسیار شبیه آنچه که در سنت ماری‌ـ اُـمین نقش شده است) ایستاده است و با چنگکی کف‌رو بار نقره مذاب را، که در طول کوره جاری است جدا می‌کند. این کوره‌های استوانه‌ای و کوره‌های دارای پیشکوره، دقیقاً با آنچه که بیرینگوتچی و آگریکولا شرح داده‌اند، مطابق است.

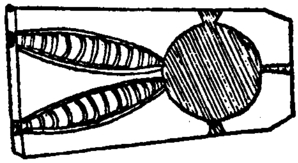
مس را با پتک هیدرولیکی، شبیه پتکی که با آن آهن را می‌کوبیدند، چکشکاری می‌کردند. قطعهٔ مسین را با روشهایی که تا پایان قرن نوزدهم، در بعضی مراکز مسگری بر جای مانده بودند با دست شکل می‌دادند و می‌کوبیدند. از سرب در موارد گوناگونی، از جمله لوله‌سازی استفاده می‌شد. لوله‌های سربی را چنین می‌ساختند که ورق لوله را دور میله‌ای می‌گرداندند، آن‌گاه لبه‌های ورق را به یکدیگر جوش می‌دادند. برای جوش دادن لبه‌ها، از سرب‌ریزی در محل اتصال دو لبه استفاده نمی‌شد (کاری که در روم قدیم رسم شده بود) بلکه این کار را با هویه و قلع انجام می‌دادند؛ پیش از لحیمکاری هم دو لبه را پخت و روی‌هم می‌گذاشتند. برای اتصال لوله‌ها به یکدیگر، بوشن سربی به‌کار می‌رفت که بعداً آن را بطانه‌کاری و درزگیری و یا با قلع لحیم می‌کردند.

فلزی که پس از آهن بیشترین کاربرد را داشت، مفرغ بود که آسان ریخته‌گری می‌شد. همان‌طور که

---

۱. J. Coeur بازرگان فرانسوی ۱۳۹۵ـ۱۴۵۶، مشاور مالی شارل هفتم بود.

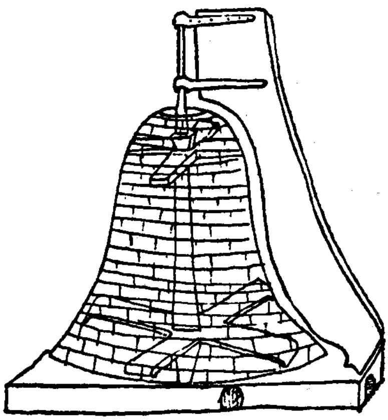
۲. Fuggers خاندانی از بازرگانان آلمانی مقیم اوگسبورگ.



شکل ۲۷.کورهٔ ذوب مفرغ (کورهٔ بازتابی، سال ۱۵۴۰، بیرینگوتچی).

گفتیم توسعه توپسازی، مصرف مفرغ را چندین برابر کرد. توپهای چدنی، که حدود نیمهٔ قرن پانزدهم به‌وجود آمدند به هیچ وجه رواجی شبیه به توپهای مفرغی را، نیافتند. توپهای مفرغی از آغاز نیمهٔ دوم قرن پانزدهم و به‌طور دقیقتر از آغاز قرن شانزدهم رواج یافتند. کتاب بیرینگوتچی و تعدادی دیگر از کتابهای چاپ ناشدهٔ دربارهٔ ریخته‌گری لوله‌های مفرغی توپ در پایان قرن پانزدهم و میانهٔ قرن شانزدهم اطلاعات سودمندی به ما می‌دهند.

مفرغ توپ از آلیاژی کاملاً متفاوت از مفرغ ناقوس بود. در حالی‌که مفرغ ناقوس محتوی ۲۳ تا ۲۶٪ قلع است مفرغ توپ بیش از ۸ تا ۱۲٪ قلع ندارد. مشکلترین کار تهیهٔ آن، خود ریخته‌گری توپ نیست، گرچه آن هم بنوبهٔ خود دشواریهایی دارد، بلکه ساخت قالب آن است. خاکهای ماسه‌دار در زیر گرما و فشار مفرغ مذاب تبدیل به گرد می‌شوند و خاکهای رسی در اثر آتش نشست می‌کنند؛ بنابراین باید ترکیبی از این دو یافت که نتیجهٔ رضایتبخش دهد. از قطعهٔ طراحی‌شده مدلی از سفال و غالباً از چوب می‌ساختند، این مدل را با طناب به‌هم می‌بستند، لایه نخست



شکل ۲۸.قالب یک ناقوس، حدود سال ۱۴۷۰ (فلورانس، بریتیش میوزیم).

«خاک سیمانی» (خاک رس، خرده‌آجر و سفال، و آب) را روی آن می‌ریختند؛ آن‌گاه لایهٔ دوم «خاک پشمالود» (خاک سست، لایی و تپاله) را روی آن می‌چیدند. این بلوک را می‌تراشیدند و دقیقاً به‌شکل مدل شیئی که باید ریخته شود، در می‌آوردند. سطوح آن را هموار می‌کردند و قسمتهای بالاآمده را می‌تراشیدند. آن‌گاه این مدل را خشک می‌کردند. برای کولاس توپ، قالب جدایی می‌ساختند. این مدل، بعداً روغن‌مالی می‌شد و لایهٔ ضخیمی از خاک نرم، که خوب کوبیده و مرطوب شده باشد، روی آن می‌گرفتند. آن‌گاه دور آن را با تسمه‌های آهنی و حلقه می‌بستند. آن‌گاه لایه دومی ازگل روی آن می‌گذاشتند، این لایه را با نوارهای آهنی که در طول کارگذاشته می‌شدند، در میان می‌گرفتند و سرانجام روی آنها لایه سوم را می‌گذاشتند و قالب از بیرون پخته می‌شد، و مدل را بیرون می‌آوردند. قالب را سپس عمود می‌کردند تا درون آن را بپزند و بعد به حالت ایستاده آن را در چاله قرار می‌دادند. این شمش باید توخالی باشد و برای این کار ماهیچه‌ای درون قالب می‌گذاشتند. یک ماهیچهٔ آهنی که باگل اندوده شده باشد و بتواند در برابر ریزش فلز مذاب بایستد. این ماهیچه می‌بایست در مرکز قالب کارگذاشته شود، کاری که دشواریهای گوناگونی داشت.

فلز مذابی‌که به‌کار می‌بردند به‌اندازهٔ فلز مذاب سدهٔ نوزدهم گرم نبود اما می‌بایست توجه کامل داشته باشند که فلز بخوبی ذوب شده باشد، برای اطمینان از این امر، مفتولی آهنین را در فلز مذاب فرو می‌بردند و زمانی‌که آن را بیرون می‌آوردند باید کاملاً تمیز باشد. به فاصله‌های معین، نمونه‌هایی از فلز مذاب می‌گرفتند تا مطمئن شوند که آلیاژ مناسب شده است. سرانجام توجه داشتند که فلز مذاب را بسیار آرام در قالب بریزند. از کوره‌های بازتابی (روربر) برای ذوب کردن فلز استفاده می‌شد. این کوره‌ها را از آجر یا خشت خام و یا از سنگهای نسوز می‌ساختند. برای خارج شدن شعله، دو یا سه دریچه در این کوره‌ها گذاشته بودند. در تمام این مدت، تنها از کوره‌های کوچک، با ظرفیت کم استفاده می‌شد. احتمالاً در هر ذوب ریختن بیش از یک قطعهٔ بزرگ عملی نبود. غالباً فلز آن‌طورکه لازم است مایع نبود، در این حال درون قطعه را با یک شمع یا یک «گربه» بررسی می‌کردند. «گربه» نوعی ابزار چنگک‌واری بود که قسمتهای خالی درون لوله را آگاهی می‌داد. در پایان، نوبت صیقلی کردن سطح لوله و مته‌کاری دریچه آتش کردن توپ بود.

ریخته‌گری مجسمه‌های بزرگ هم به روش گفته‌شده، انجام می‌گرفت ازاین رو؛ شکست در کار هم می‌بایست زیاد باشد. لئوناردو در یکی از دست‌نویسهای خود یادداشتهایی دارد که گرچه مانند یادداشتهای بیرینگوتچی کامل نیست، اما حاوی عناصر مشابهی در مورد ریخته‌گری مفرغ، چه برای توپ‌ریزی و چه برای ریختن مجسمه‌های بزرگ است. باید دانست که لئوناردو کار خود را

در یک ریخته‌گری شروع کرده بود.

با این اطلاعات گسیخته و کوتاه دیده می‌شود که کار بر روی فلزات بین میانهٔ سدهٔ پانزدهم تا میانهٔ سدهٔ شانزدهم پیشرفتهای اساسی داشته است. متالورژی تا انقلاب بزرگ صنعتی قرن هجدهم روشهایش، تقریباً دست نخورده باقی ماند. این تکامل روشهای متالورژی می‌بایست نتایج مهمی داشته باشد که یکی از آنها کاربرد همه‌جانبه و متنوع فلز در رشته‌های گوناگون است.

سفالگری

پیشرفتهای سفالگری بسیار کمتر از متالورژی چشمگیر بوده است. چند ابتکاری در این رشته از فعالیت بشری در تکنیکهای مربوط به آتشکاری و نیز آماده‌سازی مصالح انجام گرفته است.

آقای ژ. فونتن بدرستی اظهار می‌دارد که هنر سفالگری، لااقل در فرانسه در سده‌های هشت و نه پدید آمده است و روشهای آن، بدون تغییر زیادی تا سدهٔ هجدهم، و حتی تا به امروز، سینه به سینه نقل شده است. پیشرفت این هنر در ایتالیا بسیار محسوس است. انواع آنها از سفال پخته، لعابی، چینی، چینی زینتی در ایتالیا ساخته شده است. نوع اندودی که گل پخته را می‌پوشاند، اختلاف آنها را سبب می‌شود. خمیرها گرچه تغییر می‌کنند اما هنوز، از رس کم و بیش خالص، ماسه و خاک رس آهکی ساخته می‌شوند. اکنون اندود این ظروف از لعابهای قلع‌دار است. نقش و نگار روی لعاب ناپختهٔ اکسیدهای فلزی که به‌عنوان رنگ به‌کار می‌روند در مدت پخت، جزئی از لعاب می‌شوند؛ این روش «تزیین با آتش بزرگ» اصطلاح شده است. توجه می‌دهیم که، مانند شیشه‌سازی، اکسیدهای فلزی که در دماهای بالا پایدار باشند بسیار معدودند. اینها عبارتند از: منگنز (رنگ بنفش، قهوه‌ای، سیاه)؛ آهن (قرمز)؛ مس (سبز)؛ آنتیموان (زرد)؛ کبالت (آبی). این روش که در قرن یازدهم از عربها اقتباس شده بود در سدهٔ پانزدهم در ایتالیا در ناحیه فائنتسا Faenza موفقیت تمام یافته بود و در سراسر اروپا، چینی با نام این شهر شناخته می‌شد. چینی در سدهٔ شانزدهم در فرانسه ساخته شد.

برنارد پالیسی حدود میانهٔ سدهٔ شانزدهم، تکنیکهایی مشابه بالا، با کمی تفاوت به‌کار می‌برد: روشهای او غالباً غیرمتعارفی هستند. لعاب او سربی است و پس از پخته شدن رنگ سفید کاهی ایجاد می‌کند. او اکسید فلزی مورد نظر خود را با انبرک بر روی مادهٔ گدازآور، که هنوز مرطوب بود می‌گذاشت. پالیسی با آنکه مجسمه‌ساز نبود ولی دکورهای خود را روی طبیعت قالب می‌گرفت.

در مورد آجرسازی، کاشی‌گری و سفال‌سازی حرفه‌ای، اطلاع زیادی در دست نداریم. مینیاتوری از فلاماند مربوط به اواسط سدهٔ پانزدهم طرز ساخت آجر را به نمایش گذارده است. در این مینیاتور

دیده می‌شود که گل درست می‌کنند و از آن خشت می‌زنند، خشتها را روی هم می‌چینند تا خشک شوند. در این مینیاتور متأسفانه کوره نمایانده نشده است. توجه می‌دهیم که در طول زمان، کاربرد آجر عمومیت یافت، گرچه این پدیده یک قاعدهٔ عمومی نبود.

روشهای مکانیکی

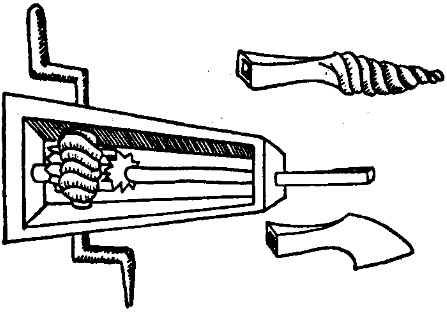
در این حوزه نیز ما با تغییرات شگفت‌آوری در طول زمان بین میانهٔ سدهٔ چهاردهم تا میانهٔ سدهٔ شانزدهم، بویژه در شروع نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم، روبه‌رو هستیم. این تحول تکنیک را می‌توان اساساً با پیشرفت قابل توجه ماشین مشخص ساخت؛ ماشین در موارد بسیاری جای ابزارهای قدیمی را اشغال کرد. ما درگذشته دربارهٔ مرزهای این پیشرفت سخن گفته‌ایم. هنوز دل‌بستن به پیشرفت بی‌حدومرز ماشین عاقلانه نبود، زیرا با وجود پیشرفت متالورژی، بیشتر قطعات ماشینی از چوب ساخته می‌شد. تنها ماشینهای ابزار نبودند که در پیشه‌های گوناگون کاربرد خود را نشان می‌دادند، گرچه این ماشینها بسیار زیاد بودند؛ بلکه ماشینهایی هم برای تراشیدن و لاغرکردن اندام اولیه در کار بودند که همین ماشینها سبب دگرگونی چند رشته صنایع مهم دیگر نیز، گردیدند.

صنعت آهن: پیدایش کوره‌های بلند شرایط تولید فلز را طی سدهٔ پانزدهم متحول ساخت و به‌وجود آمدن تجهیزات هیدرولیکی کامل، تحول را در این صنعت سرعت بخشید. می‌توان گفت که سرمایه‌داری صنعتی از این طریق، به میدان متالورژی آهن گام نهاد.

پتکهای هیدرولیکی از همان قرن دوازدهم درکار بودند؛ احتمالاً در اواخر سدهٔ پانزدهم و یا در نیمهٔ نخست قرن شانزدهم بود که نوع پهلویی و یا جلویی آن در آهنگری رایج شد. تا آن زمان تنها با چکش انتهایی آشنا بودند که از بقیه سبکتر بود. در طرحهای لئوناردو، تنها چکش انتهایی به چشم می‌خورد که غالباً همراه با وسایلی است که ساخت آنها دشوار است. در تابلوی بروگل به نام: آتش، چکشهایی از این نوع با اندازه‌های کوچک دیده می‌شود. این چکشها به‌طور بسیار ابتدایی کار گذاشته شده‌اند. این تابلو بدون شک تصویر درستی از وضع ابزارهای این زمان به ما می‌دهد. در کتاب آگریکولا برای اولین بار با چکشهای پهلویی برمی‌خوریم که ابزارهای بسیار سنگینی بودند.

سه نوع ماشین دیگر، آهنکاری را تسهیل می‌کردند: دستگاه نورد، ماشین چاکزن و دستگاه مفتولسازی هیدرولیکی. همان‌طورکه دیده می‌شود هر سه ماشین از انرژی هیدرولیک استفاده می‌کنند و این امر ناگزیر می‌سازد که تمام این صنایع در طول رودخانه مستقر باشند.

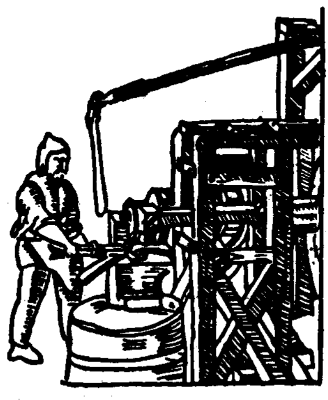
درکارهای لئوناردو طرحی از دو ماشین است که بسیار کامل می‌نمایند اما بدون تردید هرگز



شکل ۲۹.دستگاه مته با دو تیغه، حدود سال ۱۴۷۵ (ونیز، مرسیانا).

ساخته نشده‌اند. این ماشینها اساساً شمشی را که از آنها می‌گذرد، گرم می‌سازند، شکل می‌دهند و از روزنه‌ای با شکل و ابعاد دلخواه می‌گذرانند. شمشها بوسیلهٔ مکانیسمی با یک توربین هیدرولیکی حرکت می‌کنند، درون ماشین جابه‌جا می‌شوند، چندین نوع تجهیزات مشابه مفتولساز هیدرولیکی در طرحهای لئوناردو یافت می‌شود.

چنانچه طرحهای لئوناردو را نادیده انگاریم و به واقعیت خالص مراجعه کنیم، از نظر داشتن اطلاعات دقیق بسیار فقیریم. ساخت دستگاه نورد مشکلات عدیده‌ای را پیش می‌آورد تنها کافی است از اندازهٔ غلتکها، که در آن زمان چدنی بودند نام ببریم. ریخته‌گری چنین قطعهٔ حجیمی، تراشکاری آن برای اینکه اندازهٔ معین داشته باشد، صافکاری آن مستلزم تکنیکهای بسیار پیش‌افتاده‌ای بود که ما از آنها هیچ اطلاعی نداریم. در مورد ماشینهای چاکزن هم مسأله فرقی نمی‌کند. ماشین



شکل ۳۰.چکش هیدرولیکی سال ۱۵۵۶ (آگریکولا، De re Metallica، بال سال ۱۵۵۶).

چاکزن از استوانه‌هایی تشکیل شده است که یکی در دیگری می‌گردد و با لبه‌های تیز خود، همچون قیچی عمل می‌کنند. دستگاه چاکزن برخلاف دستگاه نورد که تا قرن هجدهم معدود بود، رواج نسبتاً زیادی داشته است و فقط موقعی از رواج افتاد که زمان توسعهٔ بزرگ دستگاه نورد بود.

ما چه از این دستگاه و چه از دیگری، اطلاعات زیادی نداریم. برای نخستین‌بار در قرن شانزدهم در لیژ از هر دو دستگاه نام رفته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر دو دستگاه اگر چه در نیمهٔ نخست این سده اختراع نشده‌اند به‌طور تکمیل شده در کار بوده‌اند. نخستین تصویر از دستگاه غلتک را ما در کتاب مشهور سالومون دوکو[1] به سال ۱۶۱۵ می‌بینیم.

در مورد مفتولکشی، باید گفت که مطالعات زیادتری باید انجام گیرد. باید دید که تا پیش از قرن شانزدهم تکنیک مفتولکشی تا چه اندازه‌ای وجود داشته است؛ ما در این‌باره بی‌اطلاعیم. در حالی که از مفتولهای طلا و نقره زیاد صحبت می‌شود و تولید آنها هم بدون اشکال است، زیرا چکش‌خواری زیادی دارند، در مورد مفتولهای آهنی یا برنجی چیزی ندیده‌ایم. از این واقعیت باید نتیجه بگیریم که این فراورده‌ها یا در پایان سدهٔ پانزدهم و یا در آغاز سدهٔ شانزدهم تولید شده‌اند. روشن است که ما ساخت دستگاه مفتولکشی هیدرولیک را از آلمان داریم. یک منبع مشروحی ثابت می‌کند که این تکنیک تا سالهای نخستین سدهٔ هفدهم وارد فرانسه نشده بود. طرحی که بیرینگوتچی در کتاب خود، سال ۱۵۴۰ ارائه داشته است نخستین ارائه‌ای از ماشین مفتولکشی است. این مفتولها پس ازگذشتن از حدیده، بوسیلهٔ یک چرخ هیدرولیکی دور قرقره پیچیده می‌شوند.

دشواری ساخت ورقهای حلبی کمتر جنبه مکانیکی داشت و بیشتر اشکال مربوط به خودکار قلع‌پوشانی ورقه‌های آهن بود. نخست باید اطمینان یافت که ورق آهن بسیار صاف و هموار است تا اینکه لایهٔ قلع مذاب در تمام سطح آن بدود. و نیز لازم بود که اندود قلع، مقاوم باشد. این تکنیکها مدتها محرمانه بودند. نسخه‌های دست‌نویسی که از قرن هجدهم مانده است ما را از روشهای ساخت حلبی در این قرن مطلع می‌سازد و احتمالاً از روشهای کاملاً تجربی استفاده می‌کردند. در نیمهٔ دوم قرن پانزدهم تولید حلبی در نورمبرگ شروع شد. کاربرد آن در آن زمان منحصر به ساخت ظروف غذاخوری بود. تولید قوطیهای کنسرو، سبب گسترش فراوان این کالا شد.

بر پایهٔ یک نقشه، اختراع چکش بخاری را مدیون لئوناردو می‌باشیم. این چکش وسیله‌ای بسیار پیچیده است که متوالیاً بادامکها و وزنه‌های تعادل، عمل می‌کنند. در حقیقت یک چکش ساده است که نمی‌بایست چنین بزرگ باشد. نوع ساده‌ای از این چکش تا پایان سدهٔ نوزدهم در کار بود. کار کردن با چنین ابزاری می‌بایست بسیار دشوارتر باشد و برتری چندانی بر چکش هیدرولیکی،

۱. S. de Caus مهندس فرانسوی متولد کو (نورماندی) ۱۵۷۶ـ۱۶۲۶.

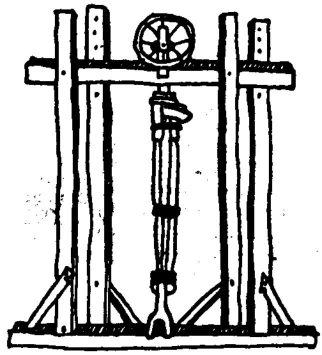
که نقشهٔ آن هم در همان صفحه است، ندارد.

احتمال می‌رود که رشد سریع رشتهٔ متالورژی پس از اختراع کورهٔ بلند و تولید چدن بود. چنین رشدی نمی‌تواند در پیشرفت ماشینیسم کم و بیش کمال‌یافتهٔ نیمهٔ نخست قرن شانزدهم بدون تأثیر باشد. این ماشینیسم تقریباً بدون هیچ تغییری تا طلوع متالورژی نوین ادامه یافت و سبب شد که عناصری که بیشتر کاربرد مستقیم دارند تولید شوند و در نتیجه در عمومیت یافتن کاربرد فلز در همهٔ رشته‌های فعالیت بشر مؤثر بود.

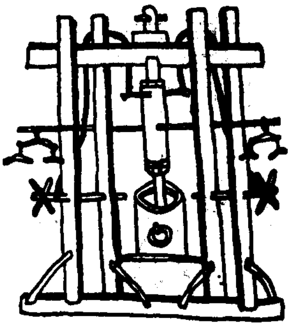
فلزکاری: کار بر روی فلز به‌علل چندی دشوار مانده بود. علاوه بر اینکه ماشینهای لازم اختراع نشده بودند ابزار تراش نیز که از ضروریات کار بود، ضعیف بود. پیش از پایان قرن هجدهم، ماشین تراش فلزات عملاً وجود نداشت و تنها عملی که به این کار نزدیک بود برقو زدن لوله‌های مفرغی توپ بود. دو طرح از سدهٔ پانزدهم در دست داریم که به‌طور بسیار اجمالی وسایلی را نشان می‌دهند که بدون شک بیشتر برای گرد کردن تقریبی دهانهٔ توپ به‌کار می‌رفتند تا برای برقو زدن درون لولهٔ توپ. مسأله برقو زدن زمانی بسیار جدی شد که کالیبرها بدقت تعیین شدند و لازم آمد که دهانهٔ توپ دارای ابعاد کاملاً دقیقی باشد، وگرنه استفاده از مهمات ممکن نبود. هر دو وسیلهٔ مربوط به سدهٔ پانزدهم بر روی قطعاتی که عمودی نگاه داشته می‌شدند، عمل می‌کردند. دستگاهی که در تابلوی «آتش» بروگل تصویر شده است نیز عمودی عمل می‌کند. در مثال اخیر برای حرکت دادن ابزار از یک اسب‌گرد (مانژ) استفاده می‌شود. این برخلاف نظر شماری از تاریخ‌نویسان کم اطلاع است که بر پایهٔ کتاب بیرینگوتچی که در سال ۱۵۴۰ منتشر شده است، اعتقاد داشتند که دستگاههای تراش قرن هفدهم، افقی عمل می‌کردند؛ در این حالت یک چرخ قفسی دستگاه را می‌گردانید. نقشه‌ای از ابزارهای گوناگون رایج در دست است. بر روی یکی از آنها فرزی از قطعات فولادی بر روی پایهٔ چوبی دیده می‌شود، و بر روی دیگری تیغه‌های فولادی بر روی طوقه‌ای از مفرغ قرار گرفته‌اند؛ و بالاخره در آخرین، سر ابزار تمام فولادی است. دستگاهی که در ابتدا یک برقوی ساده بود در قرن هجدهم یک مته واقعی شد؛ در این وقت بود که برادران ماریتس[1] روش مته‌کاری غلتک توپر را برای تولید لولهٔ توپ اختراع کردند.

فلزات دیگر را تنها با چکشکاری شکل می‌دادند. اما چند دستگاهی هم در دفترهای مهندسان برای شکل دادن آنها طرحریزی شده بود که از مرحلهٔ طرح پیشتر نرفت. تصویری در یک نسخه دست‌نویس متعلق به پایان سدهٔ چهاردهم در نورمبرگ، کارگری را نشان می‌دهد که سوهانی را با قلم و چکش می‌سازد، بدین ترتیب که شکافهای شطرنجی در تسمه فلزی ایجاد می‌کند. لئوناردو

1. Maritz



شکل۳۱.دستگاه برقوزنی توپ، حدود سال ۱۴۵۰ (اوتچلو، صفحه ۶۱، تصویر ۱۸۶).

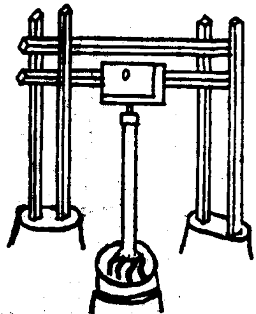


شکل۳۲.دستگاه برقوزنی توپ، حدود سال ۱۴۵۰ (اوتچلو، صفحه ۶۱، تصویر ۱۸۵).

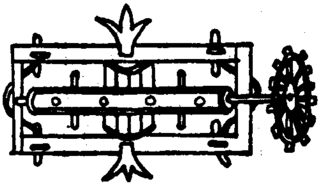
ماشینی را طرح کرده است که قلم بوسیله یک بازوی بادامکدار به‌طور مکانیکی حرکت می‌کند و یک دستگاه چرخدنده را به پیش می‌راند. یک بار دیگر می‌گوییم که لئوناردو در صدد بود که به‌جای کارگر از ماشین استفاده شود؛ زیرا کار ماشین بسیار ساده‌تر و منظمتر است. در مورد ماشینهای دنده‌تراشی، که این همه در نقشه‌های لئوناردو با آن برخورد می‌شود، با اطمینان می‌توان گفت که صرفاً پیچهای چوبی می‌تراشیدند. در ماشین اخیر، قسمت ابزارگیر بوسیله دو پیچ بی‌انتها که روی آنها می‌لغزد پیش می‌رود. قطعه‌ای که باید تراشیده شود را در میان قرار می‌دهند و این قطعه بوسیلهٔ یک لنگ، که با پیچهای ابزارگیر نیز دنده شده است، می‌گردد. برای تغییر گام دنده ، باید چرخدنده را عوض کرد.

تغییراتی که در ساخت پول ایجاد شد بسیار جالب است. ضرب سکه بوسیله یک گوه و چکش انجام می‌گرفت. نقشهای گوناگونی که از آغاز سدهٔ شانزدهم به بعد بر روی این مسکوکات دیده می‌شود، شواهد خوبی از این روش می‌باشند. در نسخهٔ دست‌نویس سنت ماری‌ـاَـمین، و نیز در لوحهٔ پشت محراب کلیسای آنابرگ، روش بالا تنها روشی است که ارائه شده است. روشن است که نقشهایی که به‌دست می‌آمد بی‌نقص نبود. هرگاه از هنرمند مدالساز می‌خواستند که نمونهٔ اولیه دقیقتر باشد باید از روش ضرب صرفنظر و از قالبگیری استفاده می‌کردند، یعنی همان روشی که در دوران باستان به‌کار گرفته می‌شد. لئوناردو برای اینکه قطعه به‌هنگام وارد آمدن ضربه از جای نلغزد، تغییری را در دستگاه پیشنهاد کرد؛ او غلافی را طرح کرد که دو گوه را دقیقاً در محور یکدیگر ثابت نگاه می‌داشت. در قرن شانزدهم بود که بنونوتوچلینی[1] با اختراع خود که نوعی پرس لنگ

۱. Benvenuto Cellini، ۱۵۰۰ـ۱۵۷۱ پیکرتراش، فلزکار و نویسندهٔ فلورانسی.



شکل۳۳.دستگاه برقوزنی، حدود سال ۱۴۳۰ (مونیخ، دست‌نویس جنگ هوسیها).

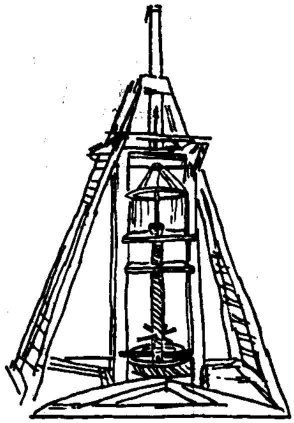


شکل۳۴.دستگاه مته‌کاری الوارها، حدود سال ۱۴۳۰ (مونیخ، دست‌نویس جنگ هوسیها).

ضرب سکه بود و کم و بیش شبیه پرسهای چاپ بود، کار ضرب سکه را گام بسیار بلندی به پیش برد. از آن پس ضرب سکه تغییر اساسی نداشته است. اختراع چلینی در سال ۱۵۳۰ بود. هانری دوم نخستین ماشین سکه‌زنی خود را در سال ۱۵۵۰ از یک آلمانی خرید.

دستگاههای مته‌کاری و برقوزنی: عملیات سوراخ‌کاری و مته‌کاری را بدون شک آسان می‌توان ماشینی کرد، زیرا در این عملیات اساساً از حرکات دورانی استفاده می‌شود. اما ماشینیسم در این قلمرو بسیار آهسته به پیش رفت. دست‌نویس معروف به جنگ هوسیها (حدود ۱۴۳۰)، نخستین دستگاه مته‌کاری لوله‌های چوبی را به ما نشان می‌دهد. با این دستگاه که بسیار ابتدایی است غالباً لوله‌های آب شهر را می‌سازند. این دستگاه برای شهر نورمبرگ لوله‌های آب می‌ساخت. آنچه که می‌توان، در این تصویر تشخیص داد این است که بدنه دستگاه و چرخ آن، علی‌رغم کسانی که تصور می‌کنند هیدرولیکی است با دست گردانیده می‌شود. در دفترچه لئوناردو نیز ماشینی برای مته‌کاری الوارهای چوب دیده می‌شود؛ الوارها عمودی گذاشته می‌شدند. در همین دفترچه که به نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم تعلق دارد، طرح یک دستگاه مته‌کاری دیده می‌شود (می‌توان همچنین پذیرفت که این دستگاه را برای برقو زدن لوله‌های توپ به‌کار می‌گرفتند). و نیز شکل بسیار جالبی که در این دست‌نویس است مربوط به برقوی بسیار پیشرفته‌ای است که بخوبی ارائه شده است.

در بیشتر جاها از ابزارهای سنتی استفاده می‌شد: از مته دستی گرفته تا انواع سوراخ‌کننده‌هایی که از دوران پیش از تاریخ مانده بودند. در اینجا تذکر یک نکته لازم است. ما قبلاً گفته‌ایم که از متهٔ شترگلو هیچ تصویری در دست نداریم و هیچ متنی هم در این‌باره ندیده‌ایم، گرچه امکان دارد این وسیله در زمان باستان شناخته شده بود. در یک چهارم پایانی سدهٔ پانزدهم نمونه‌های نخستین این وسیله دیده می‌شود. فرانچسکو دی جورجو یک متهٔ شترگلویی را ارائه می‌دارد که تا حدودی

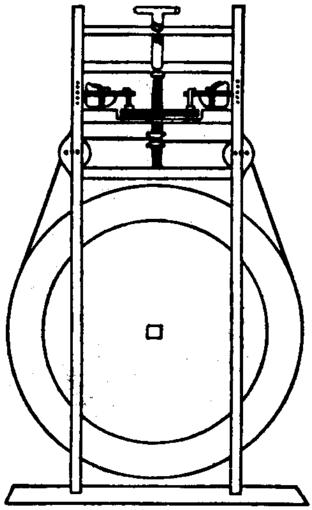


شکل ۳۵.دستگاه مته‌کاری الوارها، حدود سالهای ۱۴۸۸ ـ ۱۴۸۹، لئوناردو (پاریس، کتابخانه انستیتو).

کامل است، دارای دو لنگ و تیغ متهٔ قابل تعویض است.

از اصلاحات اساسی دربارهٔ اره هیچ اطلاعی نداریم؛ اما توجه می‌دهیم که با پیدایش دستگاه بازو و لنگ، مشکل ارهٔ هیدرولیکی کاملاً بر طرف شد. در طرحی که فرانچسکو دی جورجو رسم کرده است نمونه‌های بسیار روشنی از آن را می‌بینیم، از این نمونه‌ها بعدها لئوناردو الهام گرفت و این همان است که ما امروز به‌شکل ارهٔ دستگاه که در قابی می‌لغزد به‌کار می‌بریم. در اینجا هم دستگاه چرخدنده‌ای مخصوصی قطعه‌ای را که باید اره شود، پیش می‌راند. طرح دیگری از لئوناردو اره‌ای را به ما نشان می‌دهد که دو تیغ موازی دارد و دستی است. هر دو تیغ‌اره در یک قاب محکم شده‌اند.

دستگاههای پرداخت: تراش سنگهای گرانبها، دشواریهای گوناگونی داشت که نیاز به بحث مفصّل دربارهٔ آنها نیست. دربارهٔ روش این کار در قرون وسطی اطلاع چندانی نداریم، تنها می‌دانیم که پرداخت بر روی میزی از قلع انجام می‌گرفت و با کشیدن سنگ روی چرم پایان می‌یافت. ما تصویری داریم که از کتابی که در حدود سال ۱۴۸۰ چاپ شده است اقتباس کرده‌ایم؛ در این تصویر کارگری، سنگی را پرداخت می‌کند. با اختراع دستگاه پرداخت‌کاری سنگ، در این رشته گام بزرگی به پیش برداشته شد. این دستگاه مرکب از صفحه گردی است که بوسیلهٔ یک حلقهٔ ریسمان و یک لنگ می‌گردد. سنگ را در قید کوچکی و در وضع دلخواه محکم نگاه می‌دارند. پس از پرداخت، آن را با همین روش کنونی سوار می‌کنند. این ماشین را چلینی در سال ۱۵۶۸ شرح داده



شکل ۳۶.دستگاه پرداخت‌کاری جواهرات، پایان سدهٔ پانزدهم (پاریس، کتابخانه ملی).

است، اما به‌نظر بیشتر تاریخ‌نویسان این شرح و نمودار برای نخستین بار در اثری از آندره فلیبین[1] در سال ۱۶۷۶ داده شده است. چنین می‌نماید که این تاریخها باید مورد رسیدگی مجدد قرار گیرند. در دست‌نویس «جنگ هوسیها» که بارها ما از آن نام برده‌ایم، ماشینی را می‌بینیم که متن مربوط به آن آگاهی می‌دهد که از این ماشین برای پرداخت‌کاری جواهرات استفاده می‌شد. کاملاً روشن است که این طرح ناقص است، با این حال، چند قسمت لازم برای یک دستگاه پرداخت کلاسیک را به ما معرفی می‌کند: لولای دیسک و طنابی که دور آن است بوسیله یک لنگ حرکت می‌کند (سر ماشین گویا به‌علت کمی جا رسم نشده است). تمام ماشین در دست‌نویسی که در کتابخانهٔ ملی پاریس موجود است، عیناً آن‌طورکه فلیبین نشان داده، آمده است. تعیین تاریخ این دست‌نویس مطمئناً کار دشواری است زیرا از چند قسمت تشکیل شده است. بیشتر دفاتر آن ظاهراً مربوط به نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم است. املای متنی که این دستگاه را شرح می‌دهد ظاهراً متعلق به زمان بین سدهٔ شانزدهم و آغاز سدهٔ پانزدهم است. صفحه پرداخت در این تصویر بخوبی نمایان است و یک حلقهٔ ریسمان دور محور صفحه پیچیده شده است. محل نگاهداری نگین (که می‌توان آن را مطابق نگین تنظیم کرد) نیز کاملاً نمایان است.

دیسک تنها اختراع فنی در این رشته نیست. پیشرفت اساسی دیگری نیز در این زمینه وجود

۱. A. Felibien معمار و وقایع‌نگار فرانسوی ۱۶۱۹ـ۱۶۹۵.

دارد و آن روش پرداخت الماس با گرد خود الماس است. در این مورد اطلاعات تاریخی ما بسیار مبهم است. افسانه‌ای وجود دارد که این تکنیک در سال ۱۴۷۶ توسط یک نفر آلمانی به نام لویی برکن[1] پایه‌گذاری شده است؛ این افسانه هیچ اعتباری ندارد. بعضی از مورخان اخیر تصور می‌کنند که نوع جدید پرداخت‌کاری جواهرات در ربع پایانی سدهٔ پانزدهم در بخش جنوبی هلند ابداع شده است.

همه می‌دانند که عینک در نیمهٔ دوم قرن سیزدهم (حدود ۱۲۸۵) در اروپای غربی ساخته و یا وارد شد. عینک نخست از بلور سنگ تراشیده شده، ساخته می‌شد، سپس هنگامی‌که وسیلهٔ ساخت شیشه شفاف کشف شد، عینک را از شیشه ساختند. در آغاز به عدسیهای دوربین، عینک می‌گفتند. عدسیهای واگرا برای نزدیک‌بینی تا پیش از سدهٔ شانزدهم ساخته نشدند. آینه‌ها بویژه از فلز پرداخت شده بودند. زمانی‌که آینه‌های شیشه‌ای ساخته شد، برای پرداخت سطوح کوژ، که کاربرد گوناگونی داشت، کوشیدند و این شروع ساخت تلسکوپ بود. در دفترچه‌های لئوناردو طرحهایی از انواع دستگاههای پرداخت سطوح آینه‌های صاف یا کاو دیده می‌شود. در این طرحها، یا دستگاه دارای صفحه‌ای کوژ بود که آینه را روی آن می‌گردانیدند و یا اینکه دارای سنگ سنباده‌های گردان، و بالاخره بعضی هم ترکیبی از دو حرکت را داشتند. کاربرد دستگاههای بالا، با اینکه اصلاحاتی در آن اندیشیده بودند، چنانچه به مرحلهٔ عمل می‌رسیدند با دشواریهای تقریباً لاینحل روبه‌رو می‌شدند.

دستگاههای تراش: برای تراش قطعات چوبی، استخوانی یا هر جنس دیگری که کار با آن آسان باشد، دستگاههای خراطی و نیز دستگاههایی براساس سیستم بازو و لنگ وجود داشت. معذلک به‌نظر نمی‌آید که این دستگاههای جدید رواج سریعی یافته باشند. درحقیقت بیشتر طرحهای موجود در مورد دستگاههای تراش، تا سدهٔ شانزدهم که در دست ماست، دستگاههای فنری هستند (دستگاههای کمانی یا میله‌ای)، که در قرون وسطی به‌کار می‌رفتند. تنها طرحهایی که ما از دستگاههای خراطی پایی می‌شناسیم یکی چرخ نخریسی دارای بال ملائکه است که در کتاب منزل خانوادهٔ ولفگ (حدود ۱۴۷۰) دیده می‌شود، و دیگری طرحی از لئوناردو و دو وسیله‌ای که در بالا از آنها صحبت کردیم و بالاخره دستگاههای تراشی که با لنگ می‌گردد. این دستگاه را نوآموزی با گردانیدن چرخ بزرگی که با تسمه‌ای به دستگاه وصل است می‌تواند بگرداند.

در این دستگاهها مکانیسم محرکه، کمتر از خود ابزارها اهمیت دارند؛ و اطلاعات ما از ابزارهای مورد استفاده در این کار بسیار کم است. اما می‌توان گفت که اصلاحات اساسی در مورد آنها انجام نگرفته بود. درحقیقت این ابزارها، تعدادی قیچی و چند ابزار برش بودند. تجهیزاتی که از

1. L. Berken

طریق مینیاتورها، ترسیمه‌ها و کنده‌کاریها با آنها آشنا شده‌ایم مثلاً در مینیاتور کارگاه سن‌ژوزف، چیز زیادی نیست. در نقاشی سه‌لتی (تریپتیک) استاد مرود که اکنون در امریکاست، نمونهٔ خوبی از این ابزارها دیده می‌شود. حداکثر ما می‌توانیم بگوییم که متهٔ شترگلو بتدریج جای مته‌های اولیه را گرفت.

با اینکه‌نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم شاهد گسترش تجهیزات پیش‌افتاده، چه دستی و چه مکانیکی بود، باید درنظر بگیریم که تودهٔ بزرگ کارگران عادت خود را به‌کار کردن با وسایل ابتدایی از دست ندادند مگر در قسمتهایی که اجداد آنها در قرون وسطی با وسایل پیش‌افتاده آشنا بودند. در سیاهه‌هایی که در اسناد موجود مأمورین رسمی ثبت در دست است مدارک فراوانی یافت می‌شود.

روشهای شیمیایی

درحالی‌که اختراع بعضی ماشینها در قلمرو مکانیک، نوآوریهای کم و بیش محسوسی به بار آورد در قلمرو روشهای شیمیایی چنین نتایجی دربر نداشت. برای اینکه به پیشرفتهای واقعاً قاطعی در روشهای شیمیایی نایل شویم، بایستی منتظر کشفهای علمی سدهٔ هجدهم باشیم.

مواد رنگی: برای رنگرزی پارچه‌ها عملاً از یک ماده رنگی، بدون هیچ تغییری استفاده می‌شد. قرمزدانه بسیار دیر کشف شد. فقط تذکر می‌دهیم که پیدایش این روش، پاسخگوی گرایش به تکنیکهای ساده‌تر در صنایع پارچه‌بافی بود و بنابراین بعضی فراورده‌های اکیداً ممنوع، لااقل در پارچه‌های لوکس در مقررات نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم به‌طور رسمی وارد شدند، ما در موقع مقتضی در این مورد باز سخن خواهیم گفت. تنها یک تغییر را گوشزد می‌کنیم، گرچه آن هم بیشتر مکانیکی است تا شیمیایی، و آن افزایش برجی بر بالای دیگ رنگرزی است. این برج درکتابی که در پایان سدهٔ چهاردهم انتشار یافته و مربوط به کمونته نورمبرگ است و نیز درکتاب دیگر در تاریخ سال ۱۵۴۰ دیده می‌شود.

در مورد شیشه‌های رنگین پنجره، بیشتر سلیقه و تفنن مؤثر بود تا تکنیک. در این دوران، نوعی دورشدن تدریجی از رنگ مشاهده می‌شود و این دورشدن در نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم و ثلث اول سدهٔ پانزدهم به اوج خود رسید. تا حد امکان از رنگهای تند پرهیز می‌شد. شیشه‌های چند رنگ شکسته را، به‌طوری‌که مارسل اوبر[1] می‌نویسد، برای زمینه‌ها و چند لوازم یدکی حفظ می‌کردند. و

1. M. Aubert

با استفاده از پارچه‌های داما[1] (که در پایان سدهٔ سیزدهم در تروا[2] بافته می‌شد) جلای آن را کم می‌کردند. پارچه‌های داما را با فرچه رنگ می‌زدند: خطوط خاکستری برجسته و یکدست بر روی زمینهٔ رنگی ایجاد می‌کردند. در سدهٔ شانزدهم برای آسانی کار رنگرزی، این کار غالباً با شابلون انجام می‌شد. مع‌ذلک در رنگ جدید، زرد نقره‌ای را به‌طور وسیعی به‌کار می‌بردند. بدین ترتیب که شیشه را با اکسید یا کلرید نقره، زرد می‌کردند. اجرای این کار بسیار ساده بود. در پشت این شیشه، لایه ضخیمی از اخرا و کلرید با فرچه دارای موهای درازگذاشته می‌شد. آن‌گاه شیشه را می‌پختند و گل اخرا که تنها یک پشتوانه بود با فرچه برطرف می‌شد. نمک نقره در شیشه نفوذ می‌کرد و در هر جا که گذاشته شده بود، شیشه را زرد رنگ می‌ساخت. نمونه‌های نخستین و ابتدایی این رنگ در حدود سالهای ۱۳۱۰ ـ ۱۳۱۵ در شیشه‌های رنگی در پاریس دیده شده است.

شکی نیست که این تحول ناشی از این واقعیت بود که شیشه‌سازان در حوالی پایان سدهٔ پانزدهم و یا ربع اول سدهٔ شانزدهم، از ساختن شیشه‌های رنگی رویگردان شده بودند و با مصالحی فوق‌العاده خالص، شیشه‌های بیرنگ می‌ساختند. در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم شیشه‌های آستردار به بازار آمد. برای ساختن آن، در شیشهٔ رنگی می‌دمیدند سپس محصول نیمه تمام را با نیچه وارد ظرفی از شیشهٔ بیرنگ می‌کردند و در آن می‌دمیدند تا شیشه داغ، همچون آستری تمام ظرف را بپوشاند؛ بدین ترتیب درون ظرف استوانه‌ای، رنگین و بیرون آن بیرنگ می‌ماند. معمولاً شیشه‌های سرخ رنگ را برای آستر استوانه به‌کار می‌بردند؛ گرچه دیگر رنگها (جز زرد و سبز) نیز گاه‌گاهی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. با این روش می‌توانستند چندین لایه شیشه را روی هم قرار دهند و شیشه‌های دارای چندین رنگ به‌دست آورند. ظروف شیشه‌ای آستردار را با سنگ یا چرخ سنباده یا دستگاه فرز نقش می‌زدند و هر جا که می‌خواستند شیشه بیرنگ و یا شیشه رنگین را می‌تراشیدند و بر می‌داشتند (پایان سدهٔ پانزدهم و نخستین ربع سدهٔ شانزدهم).

در ابتدای سدهٔ شانزدهم، شیشه‌های رنگین باز رواج یافتند، گرچه این بار، رنگهای متنوعی به‌کار می‌رفتند. رنگهای روشن با اضافه شدن اکسید کبالت به بنفش می‌زدند. رنگ گوشتی به توسط یک ماده گدازآور و نیز حجرالدم[3] که آسیا و گرد شده بود در حدود سال ۱۴۹۰ به‌دست آمد. از آن پس میناهای شفاف و ذوب شونده‌ای، تهیه شدند که در اثر گدازآورهای شیشه‌ای که بوسیلهٔ

---

۱. damas (فرانسوی) یا diaper (انگلیسی) پارچهٔ بافتنی که روی پارچه طرح ساتن بر زمینهٔ تافته است و همان طرح در پشت پارچه، از تافته بر زمینهٔ ساتن است.

۲. Troyes شهری در شمال شرقی فرانسه، مرکز شهرستان اوب است.

۳. Sanguine نام رایجی بود برای یکی از کانیهای آهن به نام هماتیت Fe_2O_3.

اکسیدهای فلزی در اثر پخت به شیشه می‌چسبیدند رنگین می‌شدند. در این وقت می‌توانستند از کاربرد سربی صرفنظر کنند.

مواد منفجره: مواد منفجره لااقل در میانهٔ سدهٔ چهاردهم اگرچه دوران کودکی خود را نمی‌گذرانید، اما به بلوغ کامل هم نرسیده بود. احتمال دارد که پیشرفت توپخانه، همان اندازه که مدیون تحول روشهای ریخته‌گری است به تکامل مواد منفجره نیز مدیون باشد. در دست‌نویس جنگ هوسیها، که حدود سال ۱۴۳۰ تألیف شده است، توصیف کوتاه اما بسیار جالبی از روشهای باروت‌سازی آمده است: «باروت از گوگرد و زغال که بخوبی با یکدیگر مخلوط شده باشند و شوره تشکیل شده است. چنانچه می‌خواهید قدرت انفجار آن بیشتر شود قدری عرق (برای هر پوند یک اونس) به آن بیافزایید، سپس مخلوط را در زیر آفتاب بخوبی خشک کنید. اگر عرق در دسترس ندارید، قدری سرکه به مخلوط بیفزایید و مجموع را در آفتاب خشک کنید. کافور بهتر از سرکه عمل می‌کند. ارسینک (دارای گوگرد) چنانچه با باروت مخلوط شود سنگها را به فاصلهٔ بسیار دور پرتاب می‌کند». در واقع در ساخت باروت، پیشرفت در تمام سدهٔ پانزدهم پیوسته بوده است. فهرست طویلی از دست‌نویسها، بخصوص به زبان آلمانی در دست است که توصیفهای گوناگونی از روشهای ساخت باروت، از حدود سال ۱۴۲۰ در اختیار می‌گذارد. نخست درپی ساخت ترکیبی از نیترات جیوه $Hg(NO_2)_2$ بودند، سپس ترکیبی از فولمینات جیوه $Hg(ONC)_2$.

نسبتهای ترکیب متغیر بوده است. یک مورخ انگلیسی ترکیبات زیر را ثبت کرده است:

سال	شوره	گوگرد	زغال
۱۳۸۰	۱	۱	۱
۱۴۱۰	۳	۲	۲
۱۴۸۰	۸	۳	۳

در فرانسه باروت اولیه دارای ۷۵٪ شوره و ماندهٔ آن نیم و نیم گوگرد و زغال بود. این باروت به آرامی می‌سوخت، اما منفجر نمی‌گردید. در آرسنال پاریس درحدود سال ۱۵۴۰ نسبتهای این سه ماده چنین بود: ۱۰ لیور شوره ۱/۲ ، ۱/۵ گوگرد و ۱ قسمت زغال.

مؤسسات وابسته به استخراج و کار بر روی شوره از مدتها پیش مشغول کار بودند. در فرانسه آیین‌نامه‌های آنها به تاریخ ۱۴۸۷ است. در این آیین‌نامه‌ها هم مساحت مورد بهره‌برداری و هم مقداری که باید استخراج شود، تعیین می‌شد. در کارگاه از شن‌کش و سرند و در جاهای دیگر از کلنگ، چکش، خاک‌انداز، کلنگ دوسر و قلم برای بهره‌برداری استفاده می‌شد. شورهٔ استخراج

شده را بخوبی می‌شستند سپس در دیگ، دو یا سه بار می‌جوشاندند. شوره در ته دیگ به‌شکل بلورهایی ته‌نشین می‌شد و آب تبخیر می‌گردید. شوره را سپس ذوب می‌کردند و قالب می‌گرفتند، برای تهیه باروت، شوره، زغال و گوگرد را آسیاب می‌کردند؛ آن‌گاه آنها را به نسبتهای گوناگون با یکدیگر مخلوط می‌ساختند. مخلوط را با آب خمیر کرده و خمیر را باز لگد می‌کردند و ورز می‌دادند و خشک می‌کردند. کربن در اغلب موارد از سوزاندن چوب بید، یا فندق به‌دست می‌آمد.

هریک از سه ماده را جداگانه می‌کوبیدند و نرم می‌ساختند. برای این کار از آسیاب یا از هاون استفاده می‌شد، در دست‌نویس کایزر این روش نمایش داده شده است.

تقطیر: رشته تقطیر پیشرفت زیادی نیافت. تنها به دنبال تکمیل وسایلی بودند که در قرون وسطی برای تقطیر به‌کار می‌رفت. لئوناردو محلولهای زیادی از قبیل: اسید ازتیک، الکل و نیزگویا، تربانتین را تقطیر کرده بود. او از نامناسب بودن این وسایل شگفت‌زده شده بود و در صدد اصلاح آنها برآمد و بخصوص در مورد سرد کردن کلاهک انبیق کوشید. از همان سدهٔ سیزدهم در کارهای تادئوس فلورنتینوس[1]، ما به‌کار سرد کردن بخار و لوله‌ای که در آن آب می‌گردد برمی‌خوریم. لئوناردو در صدد برآمد که تمام کلاهک انبیق را بوسیلهٔ جریانی از آب خنک سازد. در یک طرح اولیه، این میل در او احساس می‌شود که امتزاج محلول جوشان با آنچه در ظرف محصول تقطیر، جمع شده است جلوگیری کند تا محصول تقطیر هرچه ممکن است، صافیتر باشد. در طرحهای دیگر او، کلاهکهای انبیق در حوضچه‌های دارای آب جاری سرد می‌شوند. اشکال کار چنین دستگاهی این است که محل اتصال باید بسیار جفت و جذب باشد. در طرح دیگری، کلاهک انبیق دو جدار دارد که بین دو جدار آب جریان دارد، آب احتمالاً از سوراخی که در رأس دستگاه ایجاد شده است، وارد می‌شود؛ این دستگاه تقریباً مشابه مبرد لیبیگ[2] است. این پرسش به‌نظر می‌رسد که آیا با دمیدن در شیشه مذاب بوسیلهٔ نیچه، می‌توان چنین دستگاهی ساخت. مطبوعات آن زمان در این‌باره چیز مهم دیگری ندارند. هدف از تقطیر در آن زمان، عرقگیری از گیاهان مختلف بمنظور تهیه دارو بود. نخستین نمونهٔ این کار، تعریق چغندرقند بود. به‌هر تقدیر، کار تقطیر بیشتر جنبهٔ علمی داشت تا واقعاً فنی.

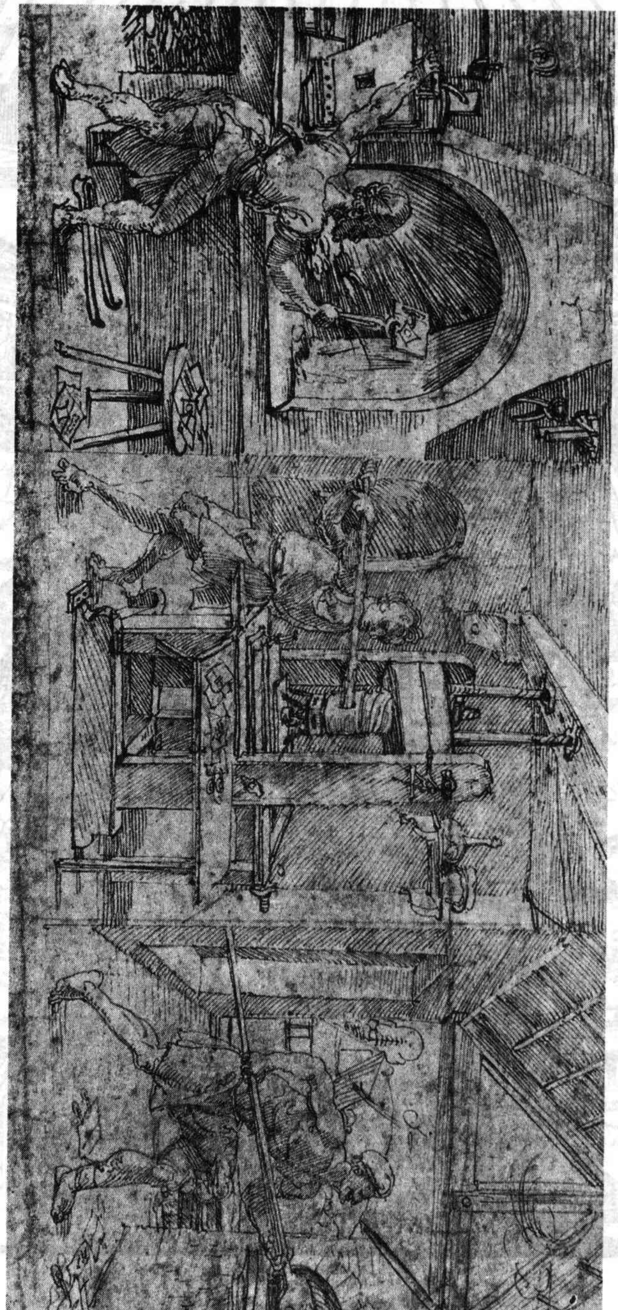
ما روشهایی را که برپایه استفاده از ویژگیهای بعضی اجسام قرار دارد، مورد بررسی قرار نمی‌دهیم. شیمی نمکها و چربیها پیشرفت جزئی داشتند به استثنای روشها، که تحولی آرام و نامحسوس داشتند. روشهای تصفیه (نمک یا شکر) تحول یافتند، گرچه نحوهٔ آن برای ما معلوم نیست، و این امر سبب شد که فراورده‌هایی با کیفیت بهتر و با ناخالصی کمتر به‌دست آید. لیکن کار

1. Thaddeus Florentinus 2. J. Liebig

پژوهش هنوز هم برای اینکه در مورد تمام این روشهای تولیدی، اطلاعات قاطعی به‌دست آوریم، با وجود تعداد فراوان متنها، پیشرفت چشمگیری نداشته است.

گرچه روشهای شیمیایی، بر خلاف تصور کسانی، با انقلاب به مرزهای کنونی نرسیده‌اند، اما این ادعا هم درست نیست که هر پیشرفت بسیار جزئی را می‌توان حس کرد. یکی از دلایل این ادعا وجود تعداد نسبتاً زیاد کتابهایی است که بین سالهای ۱۵۰۰ تا ۱۵۵۰ به رشته تحریر درآمده است. ما آثار برونسویک آلمانی را، که نخستین بار در سال ۱۵۰۰ انتشار یافتند، و چندین‌بار به چاپ رسیدند را ذکر کردیم. از دو رساله درباره رنگرزی، که در ایتالیا چاپ شد یاد می‌کنیم. نام مؤلف یکی از آنها مشخص نیست و عنوان آن Mariegola dell, arte di tintori می‌باشد و در سال ۱۵۱۰ انتشار یافته است؛ و دیگری تألیف روستی[1] است که در سال ۱۵۴۸ در ونیز منتشر شد و بعد بارها تجدید چاپ یافت. در رسالهٔ معروف چنینوچنینی[2] با عنوان Libro del arte در مورد همه مسائل، مطالب سودمندی می‌توان یافت؛ اما این رساله تا اواسط سدهٔ نوزدهم، دست‌نویس باقی ماند. این رساله‌ها با آنکه به‌اندازهٔ رساله‌های فنی دیگر انتشار نیافتند، انتشار وسیعی داشتند. معذلک باید تذکر داد که مهندسان این عصر، حتی لئوناردو نیز، علاقهٔ شدیدی به این قسمت از تکنیک نداشتند و تنها باروت مورد توجه آنها بود و بس.

1. Rosetti 2. Cennino Cennini



تابلو ۵. کارگاههای آهنگری، چاپ، سرامیک.



تابلو ۶. کارگاه شیشه‌گری.

۶

اتصال مواد خام

پیشرفتهایی که در این رشته انجام گرفته است عموماً کوچک می‌باشند و از تغییرات بنیادین خبری نیست. علت آن است که سنن، بویژه در صنایع صنفی بسیار نیرومند است و دگرگونیهای مهم امکان‌ناپذیر. اما اگر نگهداری روشهای سنتی یکی از خصوصیات اساسی کشاورزی است در صنعت می‌توان بنوعی انحراف از سنن برخورد. صنعت نوین و پرشکوه چاپ، که اهمیت آن در نتایج فکری بیشتر از ثمرات صنعتی است، حالت استثنایی دارد.

صنایع بافندگی

در صنعت بافندگی چند اصلاح جزئی انجام گرفت که معدود می‌باشند. جالبترین تغییرات بخصوص مربوط به پایین‌آوردن هزینهٔ ساخت است؛ این میل که لزوم آن بویژه از نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم احساس می‌شد به‌علت رقابت شدید با پارچه‌های غیرپشمی، بخصوص پنبه‌ای بود؛ ولی روشهای بافندگی به‌طورکلی همان چهرهٔ قرون وسطایی خود را حفظ کردند. نیرومندترین سازمان اقتصادی و اجتماعی صنایع بافندگی در پایداری روشهای بافندگی تا سدهٔ هجدهم، طلیعهٔ انقلاب بزرگ

صنعتی، که بخصوص با نوسازی تجهیزات بافندگی آغاز می‌شود، سهم بزرگی داشتند.

شایان ذکر است که بخش بزرگی از تولید صنایع بافندگی، بخصوص روستاها، همیشه خانگی بوده است و این امر ماندگاری روشهای قدیمی را توجیه می‌کند. این واقعیت ساده، که در آن عصر بازار فروش گسترده‌ای وجود نداشت به‌خودی‌خود در راه پیشرفت این صنعت سدی برقرارکرده بود.

نخ: پارچه‌های پشمی رایجترین پارچه‌ها باقی ماندند، گرچه پارچه‌های پنبه‌ای با آنها به رقابت پرداختند. بحران اقتصادی نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم به صنعت پارچه‌های لوکس شدیداً لطمه وارد ساخت. کارخانه‌های پارچه‌بافی به روشهای کم‌خرجتر روی آوردند و ممنوعیتهای چندی که در مقررات قرون وسطایی وجود داشت، که با شرایط نوع پشم و آماده‌سازی آن شروع می‌شد، ملغی اعلام شد. به‌کار بردن اولین پشم بره مطلقاً ممنوع بود. این پشم فقط در والنسیا[1]، در اوایل سدهٔ چهاردهم، گاهی خالص و گاهی نیز به‌طور مخلوط می‌توانست به‌کار رود. در ربع پایانی همین سده، جاهای دیگری نیز که پارچه‌های آنها شهرتی داشتند، اجازهٔ مصرف این پشم را به‌دست آوردند. در سال ۱۳۷۷ در منطقه آراس[2] پارچه جدیدی ساخته شد که اولین پارچه ساخته شده از پشم بره بود، در سال ۱۳۹۰ چنین پارچه‌هایی در دووه[3] ساخته شد. در والنسیا پشم حیوان مرده هم مجاز شمرده می‌شد، این اجازه در ۱۳۴۴ به آراس داده شد. عملیات مربوط به روغنکاری پشم برای اینکه شانه‌کشی آن آسان باشد به‌طورکلی مجاز شناخته شد. نوعی «لباس کره‌ای» در سال ۱۳۴۳ ثبت شده است، که پشم آن با کره روغنکاری شده بود. در ۱۳۹۴ در آراس روغنکاری به‌طور قطعی مجاز شناخته شد.

کهنترین مقررات، مرحله شانه‌زنی پشم را بکلی فراموش کرده بودند. از شانه‌زنی قبل از شروع سدهٔ چهاردهم ذکری نرفته است. کاربرد چرخهٔ نخریسی مدتها ممنوع بود و فقط برای پشمهای درجهٔ پایین، پارچه‌های مخلوط، پشمهایی که با مواد ممنوع رنگ شده بودند، مجاز بود. در والنسیا، که همچون مرکز تکنیک ممنوع در همه‌جا عمل می‌کرد، عمل شانه‌زنی پشم در سراسر نیمهٔ نخست سدهٔ چهاردهم گسترش یافت، و در سال ۱۳۵۸ برای برخی پارچه‌های عالی ممنوع اعلام گشت. کارخانهٔ جدید پارچه‌بافی آراس در سال ۱۳۴۳ شانه‌زنی پارچه را متداول ساخت و مقررات شهر دووه هم در ۱۳۵۲ از آن نام می‌برد. در تروا این کار در سالهای ۱۳۵۹ و ۱۳۶۱ قدغن شد، اما نسبت به این مقررات آن‌قدر اعتراض شد که در سال ۱۳۷۷ ناچاراً آن را مجاز اعلام داشتند.

---

۱. Valencia بندری در اسپانیا در مصب رود گوادالاویار، بر مدیترانه.

۲. Arras شهری در فرانسه، مرکز پادوکاله در شمال فرانسه.

۳. Douai شهری در شمال شرقی فرانسه.

دلیلی که برای این ممنوعیت می‌شمردند این بود که عمل شانه‌زنی اختلاط مواد خارجی را در لباس ممکن می‌سازد. شانه‌زنی در وهلهٔ نخست برای جدا کردن پشم، چندتایی کردن نخها از راه نوعی شکستن آن است و پهلوی هم قرار دادن نخهاست. اما شانه‌زنی برای ترکیب کردن کامل پشمها و رنگهای گوناگون نیز به‌کار می‌رود و چنانچه اختلاط بدقت و خوب انجام گیرد، پشمی از نوع و رنگ تازه به‌وجود می‌آید.

اصول کار نخریسی تغییری نیافت. بخش بزرگی از کارگران با وسیلهٔ دوک نخریسی و دشکی (دوک دستی) به‌کار نخریسی ادامه داده و حتی تا سالهای بعد هم به این کار ادامه می‌دادند. در سال ۱۴۷۵ زنان نخریس در شهرستان لید[1] (هلند) برای ریسیدن کرک پشم دوک دستی به‌کار بردند و برای اینکه شاهد رواج کامل چرخهٔ نخریسی باشیم باید تا سالهای ۱۴۹۶ و ۱۵۲۷ به انتظار بمانیم تا این وسیله به ترتیب در لاهه و لیدن رواج یابد. کاربرد وسیله جدید پیشرفت بسیار کندی داشت و فقط در سال ۱۳۰۵ برای اولین‌بار، لااقل بر پایه نوشتهٔ کتابها، در دووه متداول شد و بار دومی که از آن ذکری رفته است سال ۱۳۶۲ می‌باشد. با شروع نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم رواج آن سریعتر و گسترده‌تر شد. در پایان سدهٔ پانزدهم اصلاح مهمی در این وسیله به‌عمل آمد. این اصلاح در واقع در سال ۱۴۷۰ درکتاب منزل فون والبورگ ـ ولفگ نشر یافت؛ در این کتاب بود که نخستین نمایش یک چرخه ریسندگی دارای بال ملائکه و دستگاه نخ‌پیچی خودکار داده شد. بال ملائکه در این دستگاه به نخ نوعی پیچش اضافی می‌داد. بدین ترتیب، این اختراع، که مدتها به لئوناردو منتسب بود در واقع متعلق به زمان پیش از او می‌باشد بشرط اینکه این تصویر نخستین را پس از کاربرد آن فرض کنیم. لئوناردو دستگاهی بسیار پیچیده‌تر طرح کرد که در آن دوک، حرکت رفت و برگشتی دارد. وکار نخ‌پیچی منظم را تأمین می‌کند. از آغاز سدهٔ شانزدهم به گواهی تابلوهای متعدد، بال ملائکه یک قاعده است.

بافندگی: در قسمت عملیات اولیه بافت، پیش از نیمهٔ سدهٔ شانزدهم هیچ‌گونه اصلاح اساسی به‌عمل نیامده است، و در مورد خود عملیات بافت باید اذعان کرد که در مورد اصلاح «دار بافندگی»، که می‌بایست به‌آهستگی انجام گرفته باشد، اطلاع ما ناچیز است. «دار دو نوردی» (دار ساده) هنوز رایجترین دار بافندگی بود. «دار سه نوردی» در دووه و والنسیا در سال ۱۴۰۳ پدید آمد، در برگ[2] نیز در مورد دار سه نوردی شواهدی وجود دارد. احتمال اطلاع از دارهای دارای بیش از سه نورد بسیار کم است.

---

۱. Leyde یا Leyden شهری در قسمت جنوب غربی هلند، کنار رودخانه راین کهنه، شمال شرقی لاهه.

۲. Bergues شهرستانی در قسمت دونکرک فرانسه.



شکل ۳۷.دار بافندگی، سال ۱۳۸۷ (نورمبرگ، Hausbuch der Mendellschen Zwolfbrüders tiftung، اوتچلی، صفحهٔ ۱۲۹، شکل ۱۰)

نحوهٔ بافت پارچه دقیقاً بر پایهٔ همان اصول سدهٔ پیش بود، درعین حال تمایلی به برگشت به روشهای ساده‌تر به چشم می‌خورد؛ این نحوه بافت هنوز هم در روزگار ما، بر پایهٔ نوعی احساس روانی، بیشتر مورد پسند است. به همین دلیل است که پس از اینکه مدتی در سال ۱۴۰۳ در نوژان[1]، و در سال ۱۴۴۴ در شارتر نمدمالی را با دستگاه انجام می‌دادند آن را از نو با لکدکوبی اجرا کردند و عملیات لکدکوبی نیز که در مورد برخی پارچه‌ها اکیداً ممنوع بود، مجاز گردید.

چنانچه بخواهیم عصر مورد نظر خود را در اینجا خلاصه کنیم، باید بگوییم که اصلاحات تقریباً در شانه‌زنی و پذیرفتن بال ملائکه برای چرخه ریسندگی خلاصه می‌شود. این امکان وجود دارد که لئوناردو در مورد کاربرد اصول مکانیک در عملیات گوناگون بافندگی اندیشیده باشد، اما احتمال کاربرد آنها بسیار ناچیز است. در سده‌های بعد نیز این اصول به‌کار نرفته است. عمل سوار کردن چندین دوک بر روی یک موتور برای حل کردن همهٔ مشکلات نخریسی مکانیکی کافی نیست. این طرح لئوناردو هم جزئیات مکانیسم را نشان نمی‌دهد. در مورد ماشین بافندگی، که در کودکس آتلانتیکوس تصویر شده است، طرحی که تفسیرش دشوار است نیز، این امر صادق است. روشن است که اندیشهٔ راه‌اندازی دستگاههای بافندگی با موتور در مخلیهٔ لئوناردو بوده است: وی رفتار کارگر بافنده را دقیقاً مطالعه کرده بود، فعالیت معمولی او را بررسی نموده بود و یک وسیلهٔ مکانیکی دارای حرکات مشابه اندیشیده بود، اما تمام اندیشه‌ها را نمی‌توان جامهٔ عمل پوشانید.

۱. Nogent ناحیه‌ای در شمال غربی فرانسه.

همین سرنوشت برای عملیات کمتر پیچیده نیز، که ماشینی کردن آنها در اندیشه بسیار آسان است، مانند خارزدن با شانه و قیچی کردن، وجود دارد. لئوناردو برای این ماشینها طرحهایی اندیشیده بود که به کناری نهاد. در عمل، ساختن این ماشینها دشوار بود و این دشواری بویژه در مورد ساختن ماشین بافت شب کلاه، که آن همه مورد استفاده مردم عادی بود، وجود داشت.

ابریشم: روشهای‌تهیهٔ ابریشم طی دوسده هیچ تغییری نکرد. در مورد پیدایش توت سفید که محصول عالیتری می‌داد در گذشته سخن گفته‌ایم و بقیهٔ کارها در همان سطح اواسط سدهٔ چهاردهم باقی ماند. این را هم می‌توان افزود که ماشینهای این کار که در ایتالیا متمرکز بود و آن را از چشم دیگران پنهان می‌داشتند در جاهای دیگر متداول شد. ماشینهای ابریشم ریسی در سدهٔ پانزدهم مرزهای ایتالیا را پشت سر گذارد و بافندگی ابریشم نیز بدنبال آنها وارد کشورهای دیگر شد. در ربع پایانی سدهٔ پانزدهم دربارهٔ چندین اقدام برای برپا داشتن این صنعت تقریباً در همه کشورهای اروپای غربی صحبت شده است. ماشینهای بولونیایی و دار بافندگی به‌اصطلاح ژان لو کالابره[1] در همه‌جا فعال بودند.

رساله‌ای مربوط به سال ۱۴۸۷ در مورد ابریشم، حاوی تعدادی مینیاتور مربوط به بافت این پارچه‌هاست. در این رساله هیچ اطلاع اضافی بر آنچه در بالا داده شد در مورد مواد و روشهای مربوط به ابریشم دیده نمی‌شود، جز اینکه دربارهٔ دارهای عمودی خبرهایی می‌دهد.

پارچه‌های دیگر بدون شک، باز از الیاف کتانی و شاهدانه بود و روشهای تولید آنها نیز تغییری نیافت. تنها می‌توان از گسترش فوق‌العاده پنبه برای تهیه لباس، در رقابت با کتان صحبت کرد. پارچه‌های کتانی مخصوص اشخاص مرفه بودند.

قریحهٔ اختراع‌کنندهٔ لئوناردو در تهیهٔ طنابهای شاهدانه‌ای نیز بروز کرد. در این صنعت هیچ طرح و ماشین دیگری را سرمشق قرار نداد. دستگاهی که او برای ساختن طناب طرح کرد تعدادی ریسمان را به دور یکدیگر می‌بافت.

بدین ترتیب؛ روشهای بافندگی متحمل هیچ تغییر مهمی نشدند. اما اطلاعات ما در این‌باره کامل نیست. رشته‌ای که در برابر هر نوع تحقیق سرسخت مانده است کشبافی است، روشی که در اواخر سده پانزدهم و یا در آغاز سدهٔ شانزدهم پدید آمد و تا زمان حاضر نیز با همان شیوه عمل می‌شود. دربارهٔ کشبافی هیچ نمونهٔ تصویری قدیمی و یا مدرک باستانی از آن، که به نوعی نشان‌دهندهٔ بافت با یک نخ باشد، در دست نداریم و اظهاراتی که دربارهٔ گذشته این هنر شده است صرفاً تخیلی است. در هر حال این نظریه که روشهای ساخت زره مشابه روشهای کشبافی است، در عمل هیچ اساسی ندارد.

1. J. le Calabrais



شکل ۳۸.آسیای ابریشم (سینگر، دوم، صفحه ۲۰۶، شکل ۱۷۱)

اتصال قطعات چوبی

در مورد وسایل و روشهای مربوط به‌سوار کردن قطعات چوبی همین بی‌اطلاعی حکمفرماست؛ حداکثر می‌توان گفت که بعضی جزئیات تکمیل شده‌اند.

رشتهٔ نجاری در و پنجرهٔ بیش از دیگر رشته‌ها بدون تغییر ماند. خانه‌ها نیازی به هیچ‌گونه تغییر در وسایل چوبی خود نداشتند. اما اثاثه چوبی و مبلمان تغییر اساسی یافتند. صندوق که از زمان باستان مهمترین انبار به‌شمار می‌آمد بکلی از دور خارج شد گرچه در روستاها باز هم تا مدتها حضور داشت. قفسه دورفی، که گویا برای آن بود که دو صندوق در آن جای گیرد، در اواسط این سده به‌آهستگی رواج یافت. میز نیز کاملاً تغییر شکل یافت، روی پایه‌های خود ایستاد و نوعی حالت سنگین و یادمانی گرفت، اما صندلی، برخلاف میز، سبکتر و سرانجام به صندلی دسته‌دار تبدیل شد. تختخوابهای بزرگ دارای ستونهای چوبی، بعدها جای خود را به نوع تختخوابهای دوره رنسانس دادند که در دو طرف آن پلکان و در پایین خود، صندلی داشتند.

نحوهٔ سوارکردن قطعات این وسایل تغییر نیافت. تنها می‌توان تذکر داد که برای اتصال تخته‌های نجاری شده به یکدیگر، از شروع قرن پانزدهم به بعد از نوع اتصال کام و زبان استفاده می‌شد.

خرپای سقف، لااقل برای ساختمانهای سنگی، که الوار در آن دیده نمی‌شد، مانند گذشته بود. در فرانسه بیشتر کلیساها و تالارهای بزرگ سقفهای قوسی داشتند و این امر نقش خرپا را به‌طور چشمگیری کاهش می‌داد. در انگلستان وضع کاملاً طور دیگری بود و خرپاهای مرئی تنها در نیمهٔ نخست قرن شانزدهم از رواج افتادند. آقای ویوله‌لودوک[1] در مورد شباهتهای عجیب طرزکار خود با تکنیکهای کشتی‌سازی اشاره می‌کند. مشکل اصلی خرپاهای پیدا این بود که می‌بایست بدون

۱. Violet-le-Duc معمار و نویسندهٔ فرانسوی، متولد پاریس ۱۸۱۴ـ۱۸۷۹، تعداد زیادی از یادمانهای قرون وسطی را مرمت کرده است.

اینکه استحکام بنا کاهش یابد تیرهای مهاری آن حذف شوند؛ بنابراین برای پرهیز از این نقص، لازم بود از چوبهای قوی، ستبر و چهارگوش استفاده شود. کش شیروانی (تیرهای زیرخواب) در این حالت نقش کشنده و سخت‌کننده دارد و اهمیتی خواهد داشت که در خرپاهای، مثلاً فرانسه ندارد.

در صومعهٔ مالورن[1] (در ولایت ورستر)[2]، که سقف چوبی آن به قرن چهاردهم تعلق دارد از نوعی بست گونیایی چند تکه استفاده شده است. چند تیر اتصال یا تخته‌های خمیده‌ای که اریب کوبیده می‌شدند و سر تیرهای مایل روی آنها قرار می‌گرفت، بار روی کشها را کم می‌کردند و مانع از این می‌شدند که خرپا در زیر فشار افقی جا خالی کند، این روش بسیار پیچیده و سنگین، حذف تیر مهاری خرپا را بسیار گران تمام می‌کرد. درحالی‌که دهانه آن هم عریض نبود.

سقف کلیسای بزرگ الی[3] در پایان سدهٔ چهاردهم ساخته شد. در این سقف خمهای بزرگی از چوب یک تکه ایجاد شده است؛ پایهٔ این قطعه چوب در یک توحلقی ثابت شده است درحالی‌که سر آن با شاخهٔ خرپا جفت می‌شود. تیرهای کش سقف بین تیر مایل جلویی و این خم محکم شده‌اند و فاصله‌ای ایجاد شده است که آن را با الوار پر می‌کنند تا سیستم کشیده‌تر و محکمتر گردد.

شاهکار خرپاهایی انگلستان، بدون شک، صومعهٔ وستمینستر است که دهانهٔ آن ۲۱ متر می‌باشد. تیرهای بزرگ توحلقی که بر روی تکیه‌گاه مثلثی تخته‌ای تکیه دارند خمها را که در قاعدهٔ ستون خرپا (به‌اصطلاح عصا) جفت شده‌اند، نگاه می‌دارند. در این محل، یک تیر عرضی به بالا برگشته یک تکه نیز هست که سر آن بر دیرکی تکیه دارد و این دیرک روی سر یک توحلقی پیشامده تکیه دارد. بنابراین، فشاری که بر روی سر توحلقی وارد می‌شود بسیار زیاد است زیرا درعین حال خمهای دیرکها را نیز تحمل می‌کند. برای اینکه فشار قدری کاسته شود، این روش را پیشنهاد کردند که از اتصالهای چوبی دوگانه دارای خم زیاد استفاده شود تا تیر عرضی بالا آمده، دیرک و توحلقی و نیز اتصال چوبی خمیده که پشتیبان دیرک است به‌هم مرتبط شوند. اما آیا با این کار می‌توانستند کشیدگی لازم را ایجاد کنند تا سیستم پیچیده نشود؟

چنین چوب‌بستی فقط در انگلستان یافت می‌شود و بیشتر کشورهای اروپایی، ساختن گنبد را بر این کار ترجیح می‌دادند. گرچه نمونه‌هایی از این چوب‌بست، مثلاً در تالار شهرداری شهرستان

---

1. Malvern

۲. Worcestershire در شمال غربی انگلستان واقع است.

۳. Ely شهری در بریتانیای کبیر، کنار رودخانهٔ اوز.

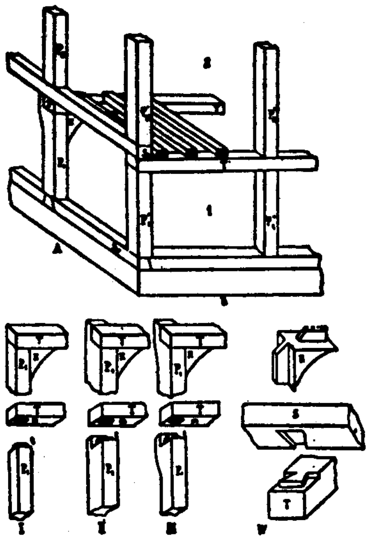
سن کانتن[1] را نیز در آنها می‌توان یافت.

تغییرات محسوس را شاید بتوان در خانه‌های چوبی یافت. روش ساختن این خانه‌ها در قرون وسطی نیاز به تخته‌های طویل و چهارگوش داشت. کم شدن روزافزون چوب، معماران سده‌های پانزدهم و شانزدهم را به یافتن روش تازه‌ای ناگزیر می‌ساخت، طبق این روش جدید الوار چوب را به چند قطعه برابر ارتفاع هر طبقه تقسیم می‌کردند. قطعات افقی می‌بایست روی قطعات عمودی قرار داده شوند. ستون چوبی که روی بالشک خرپا گذاشته می‌شد حامل چند تیر حمال بود که تیر ریزی سقف روی آنها انجام می‌گرفت و روی همهٔ اینها تیر درگاه گذاشته می‌شد که دو طبقه را از خارج از هم جدا می‌ساخت. بالشک خرپا به‌جای اینکه مانند سیستم اول در تیر، نفوذ کند در بالای آن قرار می‌گرفت. نقطه ضعف این سیستم، احتمال شکسته شدن زبانه ـ تنها وسیلهٔ اتصال ـ بود، و اگر زبانه می‌شکست تمام خرپا روی هم می‌ریخت. بنابراین تیر حمال را با استطاله گوشهٔ آن، که غالباً عریض هم بود، به‌شکل گوه‌ای محکم می‌کردند و به این روش سوار کردن نیم چنگالی می‌گفتند. تیر درگاه نقش همان تیر اریب خرپاهای قدیمی را داشت که بین ستونهای عمودی وارد می‌شد. وانگهی باید مراقبت می‌شد که دیرکهای موازی روی یکدیگر نلغزند. برای اینکه تیرها یکدیگر را نگاهدارند تیر حمال و تیر درگاه را با اتصال دم چلچله به یکدیگر مرتبط می‌کردند. دیرک بالایی بوسیله زبانه‌ای با تیر درگاه اتصال می‌یافت. نوعی پایهٔ مثلثی، تخته‌ای که به ستون محکم شده بود و در زیر تیر حمال قرار می‌گرفت و به جای تخته ۳ اتصال ـ که درگذشته تیر درگاه و دیرک را نگاه می‌داشت ـ به‌کار می‌رفت. این پایهٔ مثلثی، زاویه‌ای را که در آن قرار داشت، استحکام می‌بخشید.

اتصال نوع نیم چنگالی، که در روان[2] زیاد متداول بود در آلمان و انگلستان مورد استفاده قرار نمی‌گرفت. اما در فرانسه، چه در غرب و چه در شرق آن به‌کار می‌رفت. خرپاسازی بروش قاب‌بندی در شهر روان فرانسه اساساً عبارت از چند پایهٔ چوبی و تعدادی تختهٔ مورب بود، این نوع خرپا همیشه به‌شکل قطعات با اتصال افقی بود. در غرب رودخانهٔ سن دسته‌هایی از تخته‌های مورب وجود دارد که در تیرهای درگاه و ستونهای خرپا چفت شده‌اند، سیستمی که قاب‌بندی مایل خرپا را به‌وجود آورد. همین علاقه به تأمین مثلث‌بندی در آلمان جنوبی و آلمان غربی سبب شد که در این نواحی ستونها را با تخته‌های مورب بزرگی که در هرگوشه به‌طور جفتی گذاشته می‌شدند به یکدیگر متکی سازند. چوبهای خمیده تولید شبکه‌ای به اشکال هلالی می‌کنند که غالباً با قطعات ضربدری حالت شبکه‌ای یافته‌اند. در انگلستان هم نحوهٔ قاب‌بندی قائم خرپا، به‌طور فشرده و

۱. Saint-Quentin شهری در ولایت ان شمال فرانسه، کنار رود سوم.

۲. Rouen شهری در فرانسه، مرکز ولایت سن‌ماریتیم در شمال فرانسه، کنار رودخانهٔ سن.



شکل ۳۹.نحوهٔ اتصال قطعات خرپا در ساختمانهای روان، پایان سدهٔ پانزدهم (از نظر Quenedey).

منتظم، و هم نحوهٔ خمهای درهم برهم ذکر شده است. در سوئد نحوهٔ قاب‌بندی، تشکیل پانلهایی می‌داد که مثلث بندی با چند تیر مورب بزرگ را تأمین می‌کرد. دیوارها غالباً با لوحه‌هایی از چوب یا سنگ لوح پوشیده می‌شد تا خرپا در برابر نفوذ آب باران حفظ شود.

بدین ترتیب غلبهٔ خرپاهای با چوبهای کوتاه و پیچیدگی چفت و بست آنها آشکار است. حرفهٔ خرپاسازی در اواخر سدهٔ پانزدهم به مرز تکامل خرپاسازی پیشامده دست یافت. سادگی خرپاهای قاب‌بندی شده سبب رواج پنجره‌گذاری گردید که به مسألهٔ روشنایی اطاقها مربوط می‌شود. در مورد اینکه این نحوهٔ جدید ساختمان در چه تاریخی آغاز شد باید گفت که مدتها همراه با نوع قدیمی به‌کار می‌رفته است و حتی گاهی در یک ساختمان هر دو نوع وجود داشته‌اند.

پیشامدگی خانه‌های چوبی مربوط به قرون وسطی، یکی از مشخصات بسیار بارز این نوع ساختمان است. باید بدون درنگ توجه داد که با تکنیکهایی که در بالا در مورد ساختمانهای دارای پیشامدگی به‌اختصار شرح داده شد، برپا کردن این نوع ساختمانها بسیا ساده‌تر از نحوه ساختمان نوع نخست است. پیدایش آن دلایل چندی دارد: استفاده از فضا، که نمی‌توان آن را نادیده گرفت؛ گرچه شماری از نویسندگان، ایجاد آن را برای پناه طبقه پایین و نیز عابرین کوچه‌ها از آسیب باران می‌دانند. رواج پیشامدگی در ساختمانهای آلمان را مربوط به وسایل ساختمانی در دسترس دانسته‌اند، طبقات

اضافی با استفاده از پیشامدگیهای تیز حمال که برای خرپای بام آماده می‌شد یکی پس از دیگری بالا می‌آمدند. این روش در آلمان شمالی پدید آمد سپس به نواحی هسه[۱]، هرتس[۲]، وستفالی[۳]، و رانیلاند[۴] راه یافت، اما احتمال اینکه از آنجا به فرانسه رسیده باشد، بسیار کم است.

روشهای ساختمان پیشامده متنوع بود. در ساختمانهای ساده و ابتدایی، که ستون آنها در زمین کار گذاشته می‌شد، برای ایجاد قسمت پیشامدهٔ ساختمان می‌بایست تیرهای سقف طبقهٔ پایین طویلتر از اندازه لازم باشند، ترتیبی که در آلمان و انگلستان و در شرق فرانسه عملی می‌شد، یا اینکه از تکیه‌گاه مثلثی تخته‌ای و تیرکهای کاذب سقف استفاده شده باشد که بسیار نادر است. در نوع اخیر منطقی است که پیشامدگی بنا روی تیر نعل درگاه مورد نظر باشد. برای مقابله با فشارهای جانبی بر روی زبانه‌های محل اتصال، ستونها را با تراورسها یا تیرهای عرضی به هم مربوط می‌کردند. این روش مستلزم وجود تراورسهای جلوآمده «بناهای پیشامده تراورسی» است. بدین طریق خرپاهای مستحکمی ایجاد می‌شد. این سیستم، توزیع اتصالها را بخوبی ممکن می‌ساخت و زبانه‌ها در یک نقطه متمرکز نمی‌شدند. این روش در نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم در روان متداول شد و در هر جایی‌که پیشامدگی متکی بر نعل درگاهی وجود داشت به‌کار می‌رفت.

بدین ترتیب حرفه خرپاسازی این ویژگی را نمایش می‌دهد که میزان تأثیر یک پیشه‌ور ساده در عوامل کارش تا چه اندازه است.

صنعت چاپ

نشر اندیشه یا دانش با دشواریهای سهمناکی روبه‌رو بود زیرا راهی جز نسخه‌برداری از دست‌نویسها وجود نداشت. این کار زمانگیر، گران و غالباً هم سهوآلود و اشتباه‌آمیز بود. از آغاز سدهٔ سیزدهم پیشرفت دانشگاهها نیاز به این رشته را بسیار افزایش داد و رفع آن دشوار بود. نسخه‌برداران حرفه‌ای در کارگاههای متعددی متشکل شده بودند. آنان سیستمی از نسخه‌برداری کنترل شده را ابداع کرده بودند که به نسخه‌برداران کرایه می‌دادند. بدین ترتیب این استادان نسخه‌بردار، به‌طوری‌که در یک دست‌نبشته غیردقیق آمده است، (و تعدادی از این دست‌نویسها هنوز وجود دارد) برای اینکه هر نوشته در حداقل مدت انتشار یابد آن را به جزوه‌های کوچکی تقسیم و میان خود توزیع

۱. Hesse امروزه به منطقه‌ای از آلمان غربی گفته می‌شود که مرکز آن ویسبادان است.

2. Herz

۳. Westphalia ناحیه‌ای در مغرب آلمان که درگذشته استانی را تشکیل می‌داد و حالا جزء رانیلاند است.

۴. Rhineland ناحیه‌ای در مغرب آلمان، در امتداد رود راین و بخشهایی از هسه و بادن.

می‌کردند (سیستم pecia). در این طریق، متون نویسندگان معروف منتشر می‌شد. از آثار ارسطو که بدین ترتیب تهیه شده‌اند، بیش از دوهزار نسخه مربوط به سدهٔ سیزدهم و چهاردهم در دست است. چنانچه نسخه‌های از میان‌رفته را نیز به‌حساب آوریم، تعداد نسخه‌هایی که از این آثار تهیه شده بود بسیار زیادتر از رقم بالاست. با تمام این اوصاف، کار نشر مواجه با دشواریهای بسیار بود.

کارگاههای بزرگ نوشتاری تأسیس شده بود که یا زیر نظر دانشگاهها کار می‌کردند و یا با مؤسسات بزرگ مذهبی مرتبط بودند و یا حتی با پول اشخاص سرشناس دائر شده بودند. کار ردیفی نه‌تنها کتابهای مذهبی را تکثیر می‌کرد، بلکه آثار عامیانه، با زبان غیرادبی را نیز منتشر می‌ساخت. کتاب:*Le Voyage Jean de Mandeville* که در سال ۱۳۵۶ نوشته شده است در ۲۵۰ نسخه منتشر شد (۷۳ نسخه به زبان آلمانی و فلاماندی، ۳۷ نسخه به فرانسه، ۴۰ نسخه به انگلیسی و ۵۰ نسخه به لاتینی و نسخه‌های دیگری به اسپانیایی، ایتالیایی، دانمارکی، ایرلندی و چکی). نیاز روزافزون به کتاب، که بدون تردید یکی از علل اختراع فن چاپ بود در جست‌وجوی سازمانی بود که تکنیکهای نوین خود را با آن سازش دهد.

تولید کاغذ در اروپا: در جلد اول این مجموعه در فصول مختلف توضیح داده شد که چگونه تولید کاغذ در خاور دور پدید آمد. کاغذ را در سدهٔ دوازدهم یک بازرگان ایتالیایی از خاور میانه به اروپا وارد کرد. نخستین کارخانهٔ کاغذسازی در اروپا در اواخر سدهٔ سیزدهم در اسپانیا گشایش یافت، لیکن مرکز واقعی پخش. صنعت کاغذ در سدهٔ چهاردهم در سراسر اروپا، کشور ایتالیا بود. عوامل اقتصادی و فنی گوناگونی سبب این تمرکز بودند.

مادهٔ خام تولید کاغذ الیاف کنف و کتان بود، این مواد زمانی فراوان شد که کشت آنها رواج بسیار یافته بود و پوشیدن لباسهای زیر ساخته شده از این دو ماده کاملاً عمومی شده بود. محلهای مناسب کاغذسازی می‌بایست فارغ از مشکل کمبود آب باشند. آب تا سرحد وفور در تهیه خمیر کاغذ لازم بود و می‌بایست خالص و عاری از آن عده نمکهای معدنی باشد که به کاغذ رنگ می‌دهند و نیز فضولات شهری در آن راه نیافته باشد. نقش دیگر آب، به‌حرکت آوردن آسیابهای کاغذسازی بود. این آسیابها دارای یک چرخ هیدرولیکی که میله آنها بادامکهایی داشت که کوبه را بلند می‌کردند و کوبه در اثر وزن خود در ظرفی که پارچه‌ها برای رشته‌رشته شدن در آن گذاشته شده بود، سقوط می‌کرد. این آسیابها که از اواسط قرون وسطی در اروپا به‌کار گرفته شده بودند، همان‌طورکه درگذشته دیده‌ایم، به‌هیچ‌وجه برای تولید خمیرکاغذ ساخته نشده بودند، اما در دورانهای نخستین کاغذسازی برای تهیهٔ خمیر کاغذ از آسیابهای آردسازی استفاده می‌شد.

حدود شش قرن تمام، روشهای کاغذسازی عملاً ثابت ماندند. پارچه‌ها را در دستگاه پاره کننده وارد می‌کردند و از آنجا وارد قسمت خیسانیدن می‌ساختند یعنی در جای مرطوبی که تخمیر شروع می‌شد؛ سپس در هاونهای مملو از آب و محتوی مواد صابونی، که مجهز به کوبه‌های دارای صفحات فلزی بود آن را ریش‌ریش می‌کردند. باز خمیر را در یک طشت آهسته می‌زدند آن‌گاه خمیر کاغذ در خمره‌های چوبی بزرگ با آب گرم مخلوط شده و در قالبهایی از الکهای برنجی چهارگوش که در خمره فرو می‌بردند، شکل می‌گرفت. قالبها را از خمره بیرون آورده با فشار رطوبت آنها را کم می‌کردند. ورقها را در حالی که بین آنها صفحاتی از نمد می‌گذاردند روی هم می‌چیدند و داخل دستگاه پرس می‌کردند. سپس آنها را در هوای آزاد خشک می‌ساختند و در پایان آنها را در ظرفی از چسب که از ژلاتین و زاج تهیه شده بود، فرو می‌بردند.

ظرف سالهای بین ۱۴۷۵ تا ۱۵۶۰ کارخانه‌های کاغذسازی در سراسر اروپا تأسیس شدند. قدرت تولید کاغذ در مراکزی مانند شامپانی و وژ[۱] در این مدت سه برابر شد و در شهرهای نورماندی، برتانی، انگوموا[۲]، بوژوله[۳] و اوورنی سرعت پیشرفت از این هم بیشتر بود. در آلمان نخستین کارخانهٔ کاغذسازی در نورمبرگ و در سال ۱۳۹۱ ساخته شد، بعد از آن کارخانه‌ها در کلوه[۴] سال ۱۴۳۱، اوگسبورگ ۱۴۶۰، اولم[۵] ۱۴۶۹ و سراسر شرق آلمان (۱۴۸۰ ـ ۱۴۹۶) ساخته شدند.

در این مدت، همهٔ کشورهای اروپا، یا از طریق تولید خودی و یا بوسیلهٔ وارد کردن از لحاظ کاغذ آن‌قدر غنی بودند که می‌توان گفت یکی از شرایط پیدایش صنعت چاپ تحقق یافته بود. هنوز از پارشمن استفاده می‌شد اما این وسیله رواج بیشتری نیافت. پارشمن مادهٔ گرانی بود و تولید آن محدود؛ از سوی دیگر عدم اعتماد به کاغذ و ممنوع بودن استفاده از آن در نشر فرامین دولتی و اسناد بازرگانی به‌علت ترس از بی‌دوام بودن آن بکلی از میان رفت. تنها اشکالی که باقی مانده بود وجود پارچه‌های کهنه و مندرس برای تغذیه کارخانه بود که این مضیقه تا سدهٔ چهاردهم بر جای بود. وانگهی شکوفایی چاپخانه‌ها در اواخر قرن چهاردهم موجب رشد صنایع کاغذسازی و داد و ستد آن شد.

---

۱. Vosges ایالتی در مشرق فرانسه.

۲. Angoumois یا کونته دانگولم، این ایالت در سال ۱۳۰۸ میلادی تشکیل شد و اکنون بخشی از آن جزء ایالت شارانت است و بخش دیگری از آن جزء ولایت دوردونی، جنوب غربی فرانسه.

۳. Beaujolais ناحیه‌ای در حاشیهٔ شرقی ارتفاعات مرکزی فرانسه بین رودخانه‌های لوار و سون.

۴. Cleves شهری در شمال غربی آلمان غربی در نوردبراین‌ـوستفالن.

۵. Ulm شهری در جنوب غربی آلمان.

خاستگاه چاپ حروفی: از پیش از سدهٔ چهاردهم از وسیلهٔ تکثیر یک تصویر اطلاع داشتند و آن همان وسیله‌ای است که صحافان در آن وقت برای تزیین چرم با مدالهای فلزی حک شده، استفاده می‌کردند. برای بازسازی سریع حروف بزرگ و هنری نخستین، کارگاههای نسخه‌برداری، مهرهای برجسته‌ای از چوب یا فلز ساخته بودند. آنها روش چاپ پارچه را، درگذشته از مشرق‌زمین آموخته بودند. نخستین چاپ پارچه با باسمه‌های چوبی گویا حدود ۷۰ سال پیش از اختراع چاپ، در یک چهارم پایانی سدهٔ چهاردهم بوسیلهٔ کاغذی از چوب که بقصد چاپ پارچه تهیه شده بود، انجام گرفت. چنین می‌نماید که باسمه‌کاریهای چوبی، نخست در منطقهٔ راین آلمان و ایالت سابق بورگونی اختراع شد. چهره‌های مذهبی را با این وسیلهٔ ساده در هزاران تیراژ چاپ می‌کردند و از این کار استقبال شایانی شد. نخستین کنده‌کاریهای روی چوب تصاویر بدون شرح بودند، کمی بعد شرح کوتاهی بر آن افزوده شد. تکثیر کارتها، پوسترهای طنزآلود و سالنماها، که نوشته در آنها نقش بسیار مهمتری دارد، بر پایهٔ تکثیر همین چهره‌های مذهبی ایجاد شد. کمی پس از آن کتابهای کوچک با چاپ چوبی شروع شد که این روش تا پیدایش چاپ حرفی باقی ماند.

اکنون محقق به‌نظر می‌رسد که منشاء چاپ حرفی، روش چاپ چوبی نبوده است. ردیف کردن حروف چوبی که نمی‌توانستند دقت لازم را داشته باشند، امکان‌پذیر نیست. از سویی دیگر، هیچ یک از این هنرمندان از کار با فلز چیزی نمی‌دانستند، و باید گفت که مرکب چرب و پرس را بعدها، چاپخانه‌ها به باسمه‌کاران دادند.

برای اینکه چاپخانه ایجاد شود سه اختراع قبلاً می‌بایست انجام گرفته باشد: حروف انتقال‌پذیر، مرکب چرب، و دستگاه پرس. اختراع نخست لزوم مطلق داشت و دارای دشواریهای فنی مهمی بود. در واقع می‌بایست در یک قطعه از فلز سخت حرفی را به‌طور برجسته ایجاد کرد و با این سنبه در فلزی که سختی کمتری دارد، می‌کوبیدند و ماتریس حرف را می‌ساختند. آن‌گاه این ماتریس را در قالبی می‌گذاشتند و فلز مذابی را که دمای گداز آن پایین است (ماند سرب یا قلع) در آن می‌ریختند. این روش نقشگری با سنبه در واقع از مدتها پیش بوسیله زرگرها عمل می‌شد. در پایان سدهٔ چهاردهم زرگران ایتالیا تکنیکهای ریخته‌گری مدالها را نیز از نو متداول ساختند.

منابعی که در مورد تاریخ آغاز ساخت حروف فلزی انتقال‌پذیر اطلاعاتی به ما بدهد کمیاب و تفسیر آن اطلاعات نیز دشوار است. نخستین منبع، ظاهراً مرافعهٔ بین زرگری به نام گوتنبرگ، فرزند یک خانوادهٔ ضرب‌کنندهٔ سکه با وام دهندگان خود می‌باشد، این قضیه در استراسبورگ به سال ۱۴۳۹ اتفاق افتاده است. گرچه اصطلاحات مدرج در آن قدری مبهم است، اما چنین می‌نماید

که مربوط به نخستین آزمایشها در این‌باره است. اما این آزمایشها منحصربه‌فرد نیستند زیرا زرگر دیگری به نام پروکوپ والدفوگل[1] متولد پراگ سالهای ۱۴۴۴ ـ ۱۴۴۶ در آوینیون دنبال همین کار بوده است. این سند از الفبای فلزی برای نوشتن اسناد رسمی صحبت می‌کند. آیا منظور این سند حروف جدا از هم، صفحات بسته شده یا چیزهای دیگر بوده است؟ کسی چیزی نمی‌داند. به‌هر تقدیر طبق نوشته وقایع روزانهٔ کلنی سال ۱۴۹۹، اختراع چاپ یا روش چاپ حرفی به گوتنبرگ ساکن مانیتس و در سال ۱۴۴۰ منسوب می‌شود؛ این روش بعدها در هلند در مقیاس بزرگتری مورد استفاده قرارگرفت و شخصی به نام ل. ی. کوستر[2] حدود سال ۱۴۴۱ این روش ردیف کردن حروف انتقال‌پذیر را تکامل بخشید. تجربهٔ چند چاپ نخستین (چاپهای ۱۵۰۰) در هلند ما را قادر می‌سازد که اظهار داریم که حروف را در قالبهای ماسه‌ای، که احتمالاً با سنبه‌های چوبی آماده می‌شدند، ریخته‌گری می‌کردند. این آزمایشها، در واقع، چندین برابر بوده و راه‌حلهای گوناگونی در سالهای نزدیک به میانهٔ سدهٔ پانزدهم پیدا شده‌اند. شکی نیست که این آزمایشها به دنبال موفقیتهای فراوان باسمه‌های چوبی سرعت گرفته‌اند.

گوتنبرگ پیش از پایان سال ۱۴۴۸ به مانیتس بازگشت. می‌توان گفت که نخست اثر تاریخدار با عنوان *Psautier de Mayence* پس از رفع گرفتاریهای گوناگون مالی، در اکتبر ۱۴۵۷ در کارگاه شخصی به نام شوفر[3] چاپ شد؛ که اجرای آن بدون نقص و کامل بود. آیا گوتنبرگ پیش از آنکه با وام‌دهندگان خود به هم بزند کتابهای دیگری هم چاپ کرده بود؟ این پرسشی است که پاسخ آن هرگز روشن نخواهد شد. داستان نابغه‌ای که اختراعش را گرفته‌اند همه‌جا نقل مجالس شد در سالهای ۱۴۵۰ تا ۱۴۵۵ بود که در مانیتس چندین چاپخانه درکار بودند وکتاب مقدس معروف چهل و دو سطری، که به نخستین کتاب چاپ شده شهرت دارد در این شهر به چاپ رسید.

این صنعت جدید پیشرفت سریعی داشت با اینکه هاله‌ای از رمزورازها اطراف چاپهای نخست را فراگرفته بود. حدود سال ۱۴۵۸ پادشاه فرانسه متوجه این صنعت شد و در سال ۱۴۵۹ کتاب مقدسی در استراسبورگ به چاپ رسید. نخستین کتابهای چاپی ایتالیایی در سال ۱۴۷۰ انتشار یافت، تعداد چاپگران در این سال قابل توجه بود. در پایان سدهٔ پانزدهم که چاپ حروفی عمر چند پنجاه سال را پشت سر خود داشت، آقای مارتین تخمین می‌زند که تعداد ۳۵۰۰۰ عنوان چاپی که به ۱۵ تا ۲۰ میلیون نسخه می‌رسند منتشر شده‌اند. از این رقم ۷۷٪ به زبان لاتینی، ۴۵٪ کتابهای مذهبی هستند و روی‌هم‌رفته ۲۳۶ شهر در چاپ کتاب شرکت دارند.

1. Waldfoghel 2. Coster 3. Schoeffer

ساخت حروف: دشواریهای فنی ساخت حروف متعدد است. می‌بایست فلزاتی مناسب این کار کشف شوند که از آنها بتوان سنبه‌های محکم ساخت و نیز ماتریسهایی که فرسایش آنها سریع نباشد و حروف ساخته شده باید مرکب خور خوبی داشته باشند و مدتها کار کنند. چنین می‌نماید که سنبه‌های اولیه از جنس برنج یا مفرغ بودند؛ ماتریسهای اولیه یا قالبهای حروف با ریختن سرب گداخته در اطراف سنبه به‌دست می‌آمدند. شخصی که برای نخستین‌بار سنبه را از فولاد و ماتریس را از مس ساخت شوفر بود، و باز در آغاز قرن شانزدهم ماتریسهای سربی نیز ساخته شده است. به‌خاطر می‌آوریم که در آن زمان حروف لازم برای اختصارات و حروف هماغوش (ligature) بیش از امروز مورد نیاز بود.

حل خود مسألهٔ ساختن حروف کاری بس ظریف بود. حروف سدهٔ پانزدهم حالا محکم شده بودند ولی باز هم سریعاً فرسوده می‌شدند. در سال ۱۵۷۰ شخصی به نام الدوس مانوتچی[۱] برای هر کتاب یک ردیف حروف می‌ساخت. گویا چاپگران در ساخت حروف از آلیاژ قلع بدون سرب کافی استفاده می‌کردند و این آلیاژ به ماتریس آسیب می‌رسانید. مقدار کمی آنتیموان هم به آلیاژ افزوده می‌شد همچنان‌که در حروف ساخته شده در لیون اواخر سدهٔ پانزدهم یا اوایل سدهٔ شانزدهم این ماده موجود است. با همهٔ این احوال تعیین دقیق ترکیب آن دشوار است.

برش و تراش سنبه بسرعت، شغلی تخصصی شد و حکاکان و زرگران به آن می‌پرداختند استاندارد سازی حروف بر پایهٔ پذیرش تقریباً کلی حروف رومی سبب شد که تعداد کمی از کارگاهها، تولید تقریباً انحصاری آن را به‌دست آورند. اما استاندارد سازی مجموعهٔ مصالح حروفچینی بکندی صورت گرفت، معذلک بلندی حروف تا زمانی‌که تعداد حروفریزان کاهش نیافت استاندارد نشد. اندازهٔ حروف هم تا مدتها استاندارد نبود.

حروفچینی

حروفچینی دستی که امروز روبه‌نابودی می‌رود همگانی بود. حروف را در گارسه، که چوبی و دارای خانه‌های متعددی بود، می‌چیدند. حروف انتخابی را در ورساد چوبی پهلوی یکدیگر می‌گذاشتند. سطرهای تمام شده را در رانگا زیر یکدیگر قرار می‌دادند. صفحات را در فرم می‌گذارند. در اوایل کار، گارسه را در پایین و کمی مایل قرار می‌دادند. این وضع، کار حروفچینی را مشکل می‌کرد و تنها در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم بود که وضعیت فعلی پذیرفته شد. فقدان راده در حروف اشتباهات

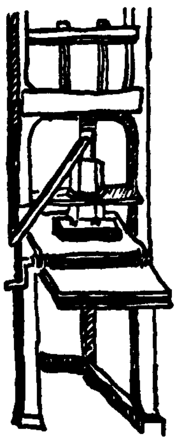
---

۱. Aldus Mannucci (۱۴۴۹_۱۵۱۵) چاپگر ایتالیایی، که چاپخانهٔ او در ونیز بود. حروف ایتالیک (خوابیده) و قطع نیم‌وزیری ـ قطعی که از سه بار تازدن کاغذ به‌دست می‌آید از اوست.

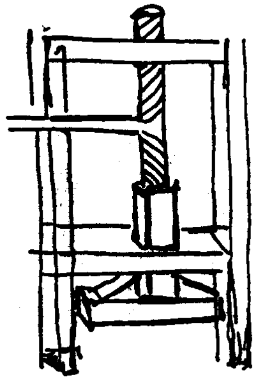
زیادی را موجب می‌شد. وضع حروف در گارسه نیز همسانی نداشت و این امر مانع از آن بود که کارگر از این چاپخانه به چاپخانهٔ دیگری برود.

پرس: چاپخانه‌های اولیه، که از سودمندی پرس اطلاع نداشتند، ظاهراً از روش اصطکاک، که در باسمه‌کاری رایج بود استفاده می‌کردند. حقیقت این است که ما از روش کار کردن آنها اطلاع دقیق چندانی نداریم. روش کار مارتین از بعضی جنبه‌ها بسیار مرموز بود و شاید هم از آنچه که ما تصور می‌کنیم، بویژه در قسمت فرم‌بندی و به هم بستن حروف، بکلی متفاوت بوده باشد. چرا در بدنه حرف سوراخی ایجاد می‌کرد؟ باز، چرا انتهای حروف را به‌شکل مورب یا پلکانی می‌تراشید؟ تکنسین‌هایی می‌پندارند که فرم را به‌طور برگشته روی کاغذ می‌گذاشتند، این روش بعدها رایج شد. باید گفت که در آن زمان ابزار چاپ بسیار ساده بود. این مسائل در فصل مربوط به پیشرفت کار چاپ، در نیمهٔ دوم همین جلد باز مورد بحث قرار خواهد گرفت.

از چگونگی ساختمان پرس اولیه گوتنبرگ اطلاع دقیقی در دست نیست؛ گویا یک وسیلهٔ فشار چوبی ساده‌ای، بسیار مشابه آنچه در چرخشتهای شراب‌سازی و روغن‌گیری به‌کار می‌رفت، بوده است. کتاب را صفحه به صفحه چاپ می‌کردند، فرم، همین ابعاد را داشت و در نتیجه منجر به جابه‌جایی می‌شد. پس از سال ۱۴۷۰ روش چاپ دو طرفه معمول شد و فرم از چند صفحه، یا یک ورق تمام تشکیل شده بود. چاپگر می‌توانست فرم را بسرعت و بدقت حرکت دهد. فرم را دیگر بار بر روی چهارچرخه‌ای می‌گذاشتند و آن را با وسیله‌ای مرکب از چند بازو و فلکه جابه‌جا



شکل ۴۰.پرس چاپ، ۱۵۰۷ (Prima pars operum Baptiste Mantuari).



شکل ۴۱.طرحی برای پرس چاپ، حدود سالهای ۱۴۹۰ ـ ۱۵۰۰، لئوناردو (میلان .Cod.atl).

می‌کردند.

پرسی که در لیون در سال ۱۵۰۰ بوسیله یک چاپگر آلمانی به نام ماتیو هوس[1] به‌کار می‌رفت، یک منگنهٔ چوبی بزرگ بود. میزی بین دو ستون چوبی بود که فرم بر روی آن گذاشته می‌شد و سرپوشی لولادار، که کاغذ را در آن می‌نهادند روی آن قرار داشت، پس سرپوش را پایین می‌آوردند و برای اینکه کاغذ به فرم چیده شده بچسبد، اهرم را می‌کشیدند. در آغاز سدهٔ شانزدهم سه نوع پرس رواج داشت: پرس فرانسوی یا لیونی، پرس آلمانی، و پرس فلاماندی. علامت تجارتی یک چاپگر اهل گاند بلژیک که در پاریس اقامت داشت پرسی را نمایش می‌دهد که بسیار تکامل یافته است و مربوط به میانهٔ سدهٔ شانزدهم است.

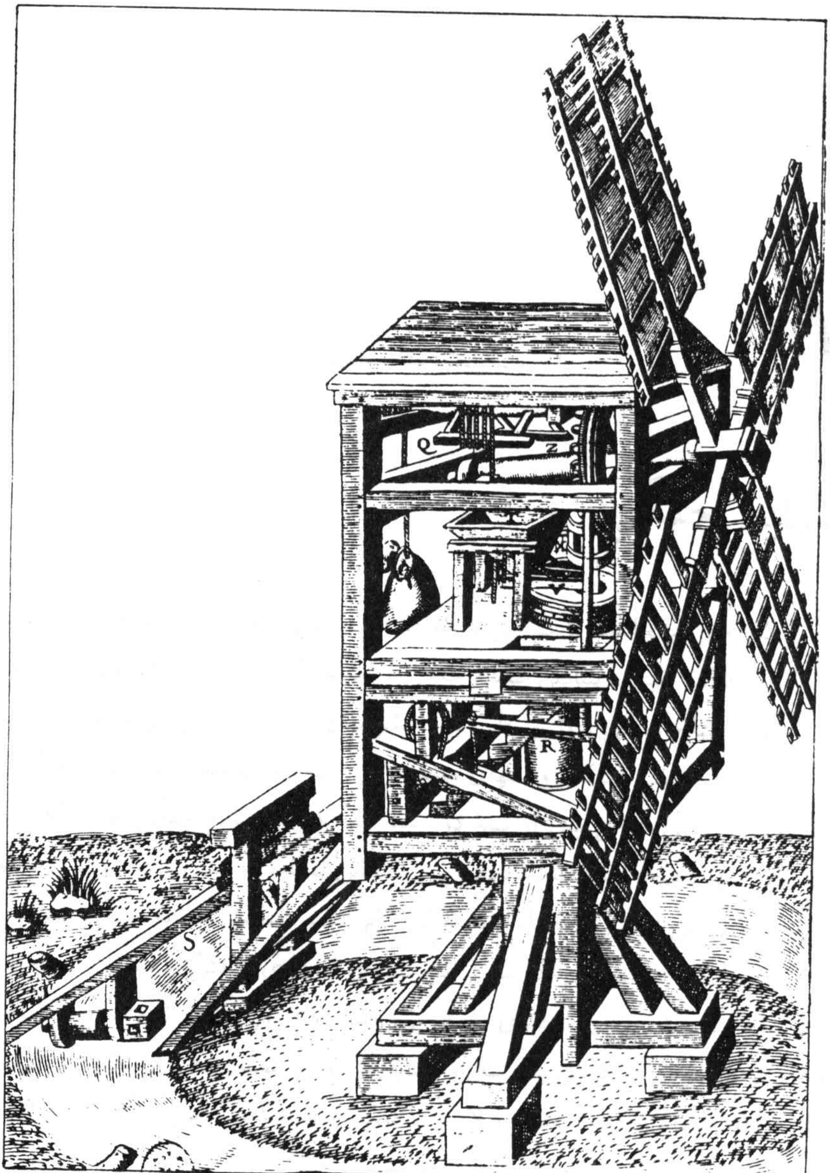
صفحهٔ فشارکه در زیر منگنه قرار دارد هنوزکوچک است. میزکار روی دو ریل حرکت می‌کند و می‌تواند فرمهای بسیار بزرگتری را نگاه دارد. مرکب‌مالی صفحهٔ چیده شده آسانتر شده بود و داخل کردن نیمهٔ دوم فرم بین دو گردش اهرم راحت‌تر گردیده بود.

برای اینکه این مبحث کامل شود مسائل گوناگونی را می‌بایست شرح داد اما تعدادی از آنها مربوط به صنایع دیگر می‌شوند. نوعی مرکب روغنی مناسب کار چاپ ساخته شد، اما چیز زیادی از ترکیب آن نمی‌دانیم. کاغذ راکه برای چاپ به‌کار می‌بردند بخوبی چسب می‌زدند. اهمیت صنعت چاپ در واقع بیشتر بلحاظ تأثیر آن بر روی پیشرفت افکار است تا تکامل خود صنعت آن.

1. Husz



تابلوی ۷. آسیای بادی، تلمبهٔ هیدرولیک را به‌کار می‌دارد.



تابلوی ۸. آسیای بادی، آسیای آردسازی را به‌کار می‌دارد.

۷

صنایع جنگی

تحقیقاتی که اخیراً شده است ثابت می‌کند که صنایع جنگی غالباً منشأ پیشرفتهای صنعتی و حتی علمی بوده‌اند. تغییرات بنیادین صنایع جنگی سبب شد که توجهات به یکباره معطوف مسائل صنعتی شود. صنایع جنگی قرون وسطی برای پیشرفتهای بزرگ بعدی چیزی نداشت. اختراع و تکامل توپخانه هم سبب شد که پژوهشهای بیشتری در رشته‌های گوناگون صنعت انجام گیرد.

سلاحهای آتشین، لااقل پس از نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم بر صنایع جنگی سایه افکنده بود. از نیمهٔ سدهٔ چهاردهم تا میانهٔ سدهٔ پانزدهم پیشرفت این اسلحه به کندی و در مقیاس محدودی انجام می‌گرفت. پس از سال ۱۴۵۰، توپخانه آرام آرام عنصر اساسی صنایع جنگی شد و نه‌تنها سبب تحول در این صنعت بود بلکه سراسر سیستمهای دژسازی را دگرگون ساخت. در محاصرهٔ دژها توپخانه بسرعت خود را عنصری بسیار مؤثر نشان داد. در منطقهٔ نورماندی در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم فرانسویان در عرض یک سال و شش روز، تعداد شصت دژ را از انگلیسیها گرفتند؛ و در سال ۱۵۱۵ توانستند دژ مستحکم میلان را با کمک توپخانهٔ گالیو[1] اهل جنوا، و نیز نقب‌زنهای

1. Galiot

پدرو ناوارو[1] بگیرند. در سال ۱۵۰۹ ماکسیمیلیان[2] با وجود داشتن توپخانه در دروازه پادوا شکست خورد. با شروع ربع دوم سده شانزدهم، توپخانه نقش مسلط خود را در نبردها به‌دست آورد.

در ناحیهٔ فورنوو[3] که تنها نبرد واقعی شارل هشتم به‌هنگام لشکرکشی به ایتالیا اتفاق افتاد توپهای فرانسه، تنها روی توپخانهٔ دشمن گلوله ریختند، از دو سوی جبهه رویهمرفته ده نفر هم کشته نشدند. در راونا[4] به سال ۱۵۱۲ نخستین مانور جدی توپخانه صورت گرفت. سرانجام باید گفت که در سال ۱۵۱۵ بود که در ملنینانو[5] توپخانه نقش پر اهمیت خود را به‌دست آورد.

بحث در مورد تمام مسائل صنایع جنگی در این کتاب در طرح ما نیست و تنها به بررسی دو جنبه اصلی موضوع بسنده می‌کنیم: تسلیحات، و دژسازی.

اسلحه‌سازی

در اواخر سدهٔ چهاردهم در محاصرهٔ شهر رن[6] هنوز از تربوشه استفاده می‌شد. در سراسر سدهٔ پانزدهم، کتابهای مربوط به صنایع جنگی، یا به‌عبارت دقیقتر، مجموعه‌های طرحهای ماشینهای جنگی، هنوز تصویر توپخانه قرون وسطایی تربوشه‌ای را نشان می‌دهند. تصویر این سلاح حتی در آثار فرانچسکو دی جورجو مارتینی کبیر در ربع پایانی سدهٔ پانزدهم وجود دارد. لیکن این توپخانهٔ تربوشه‌ای بزودی به خاطره‌ای از زمان گذشته تبدیل شد. آخرین ذکری که از آن شده است، گویا عمل تربوشه‌ها در محاصرهٔ شهر بورگوس[7] (برغش، عربی) در سالهای ۱۴۷۵ ـ ۱۴۷۶ می‌باشد، در کشوری مثل اسپانیا که سنتهای جنگی دیرپای هستند.

تغییرات در سلاحهای دستی از این هم آهسته‌تر انجام گرفت. به‌کار انداختن سلاحهای آتشین دستی واقعاً بسیار دشوار بود. کُندی عمل و عدم دقت آنها در هدفگیری برای مدت زمان طولانی آنها را از رده سلاحهای جنگی خارج ساخته بود. به همین جهت بود که در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم، جدیدترین سلاحها، نه‌تنها با سرنیزه (که هنوز عمر زیادی در پیش دارد) بلکه با تیر و کمان

---

۱. P. Navarro سردار اسپانیایی (۱۴۶۰ـ۱۵۳۸).

۲. Maximilian آرشیدوک اتریش (۱۴۵۹ـ۱۵۱۹)، که ۱۴۹۳ امپراطور شد.

۳. Fornovo ناحیه‌ای در آمیلیا ـ رومانیا، در شمال ایتالیای مرکزی، نبرد شارل هشتم با مؤتلفین در سال ۱۴۹۵ در بازگشت از ناپل اتفاق افتاد.

۴. Ravenna شهری در امیلیا ـ رومانیا، شمال ایتالیای مرکزی.

۵. Melegnano شهری در ایتالیا در جنوب شرقی میلان.

۶. Rennes مرکز سابق برتالی در ۳۶۰ کیلومتری غرب پاریس.

۷. Burgos شهری در شمال اسپانیا در کاستیل کهنه.

فولادی همراه بود و در نیمهٔ دوم این سده بود که این یادگارهای قرون وسطی از میان رفت.

توپخانه: توپخانه میانهٔ سدهٔ چهاردهم وسیله بسیار ساده‌ای بود و برای خدمهٔ آن بسیار خطرناک بود. و از طرف دیگر تأثیر جنگی آن نیز محدود بود. اطلاعات ما از توپخانهٔ اولیه بسیار کم است زیرا تقریباً چیزی از آن نمانده است.

به‌نظر کسانی، نخستین توپها، طویل و باریک بودند و آنها را با ورقهٔ خم‌شده‌ای از آهن می‌ساختند و یا با آهن و مس ریخته‌گری می‌کردند و به دور آن به فواصلی حلقه‌هایی از آهن می‌گذاشتند تا لوله تقویت شود. لوله توپ را روی قاطر و یا بوسیله ارابه جابه‌جا می‌کردند. بعدها این نوع توپها را وگلر[1] نامیدند. این توپ عبارت بود از یک لوله که هر دو سر آن باز بود. یک سر آن متناسب با جعبه‌ای بود که محتوی خرج باروت و گلوله بود. این کولاس از لوله کاملاً جدا بود و بوسیله نوعی رکاب متحرک به لوله متصل شده بود. این سیستم سبب می‌شد که بخش قابل توجهی از گازها خارج شوند و در نتیجه قدرت آن به‌طور قابل توجهی کم می‌شد، اما این مزیت را داشت که جابه‌جا کردن آن آسان بود.

توپهای بسیار کوتاه اما با دهانهٔ بزرگ هم وجود داشتند که یک سر آنها بسته بودن توپها با هر کالیبری وجود داشتند. این توپها بویژه در محاصره دژها کارآمد بودند زیرا گلوله‌هایی از سنگهای بزرگ را به‌سوی قلعه پرتاب می‌کردند.

این توپهای ابتدایی بسیار کم قابل دستکاری بودند؛ خطر آنها برای دشمن هم کم بود و لازم بود به سلاحی واقعی تبدیل گردند. ما می‌توانیم تغییر شکل همهٔ این توپها را در دست‌نویسهای خطی مربوط به جنگ که تعداد آنها در سدهٔ پانزدهم زیاد هم بودند، بررسی کنیم. لیکن این طرحها، جز چند تا از آنها، را نمی‌توان بدقت ملاحظه کرد. معذلک توپهای متعددی از این عصر در موزه‌های اروپای غربی وجود دارد و با ترکیب این دو منبع می‌توان به‌طور اجمالی تحولات این صنعت را حدس زد.

برای اینکه به نتیجه رضایتبخشی برسیم، باید روی چند چیز همزمان کار کنیم. نخستین مسأله، خود ساخت لولهٔ توپ است. در سراسر سدهٔ پانزدهم لولهٔ توپ را با آهن نرم (آهن ورزیده) می‌ساختند. اما پیشرفت متالورژی سبب شد که توپهای بسیار کاملتری ساخته شود. زرادخانه شهر بال یک لولهٔ توپ متعلق به ربع سوم سدهٔ پانزدهم را نگاهداری می‌کند که از آهن نرم ساخته شده است. کولاس این توپ از آهن یکپارچه است. لوله از ورق آهن خمیده به ضخامت سه سانتیمتر با عرض شش سانتیمتر است. دور این لوله را حلقه‌هایی از آهن کم و بیش ضخیم گرفته است.

1. Veuglaire



شکل ۴۲.زنبورک اولیه، حدود سال ۱۴۰۰ (گوتینگن).

قطر دهانه توپ ۳۳ سانتیمتر است. دریچهٔ آتش توپ بسیار تنگ است. توپ دیگری مشابه بالا اما دهانهٔ بسیار بزرگتر در قلعه ادینبورگ نگاهداری می‌شود. لولهٔ این توپ، که در سال ۱۴۸۶ در مونس[۱] ساخته شده است، طبق معمول چکشکاری شده است. این توپ در ردیف کاملترین توپ نوع قدیمی است. در این توپ یک نوآوری مهمی انجام گرفته است: محفظهٔ خرج گلوله، که بوسیلهٔ شکافی در داخل چفت می‌شد و با زهواری که غالباً می‌شکست به آن متصل می‌گشت، حذف شده است. در نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم محفظهٔ خرج گلوله در حفره تله‌مانندی در لوله جاسازی شده بود. عیبی که این نوع توپ داشت خراب شدن سریع دهانهٔ آن بود. برای رفع این عیب بتدریج به توپهای یک تکه‌ای که از دهانه آن پر می‌شدند روی آوردند، و این نوع توپ بتدریج تکامل و رواج یافت. زمانی‌که این نوع توپ بسیار بزرگ و در نتیجه بسیار سنگین شد (توپ قلعهٔ ادینبورگ نمونهٔ کاملی از آن است) حرکت دادن آن بسیار دشوار گردید. در این زمان بود که کولاس را از لوله جدا کردند و در موقع لزوم این دو قطعه به یکدیگر پیچ می‌شدند. هنوز محلهایی که در آنها از اهرم چوبی برای بالا بردن لولهٔ توپ استفاده می‌شده است، مشخص هستند.

کمی بعد تکنیک ساخت توپ تغییر یافت. اگر در آغاز پیدایش چدن، توپها را از آن ساخته باشند، باید گفت که با احتیاط و تردید بدین کار پرداخته‌اند، زیرا در کار ریخته‌گری مهارت کافی نداشته‌اند. بعداً با روش ریخته‌گری مس به‌کار تولید توپ دست زدند و نمونه‌هایی از توپهای مسین از نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم وجود دارند؛ سرانجام کمی بعد از آن به توپهای مفرغی روی آوردند، روشی که تا سدهٔ پیش متداول بود و قبل از توپهای فولادین، سلاح معمولی نیروی زمینی بود. زرادخانه شهر بال دارای یک توپ مسی دو متری است که در سال ۱۴۴۴ ساخته شده است. درباره روشهای ریخته‌گری توپهای مفرغی چند کلمه‌ای گفته‌ایم. پیشرفت در این کار قابل‌توجه است. در واقع توپهای چدنی، که در اواسط قرن پانزدهم اشاراتی به آنها شده است در ایتالیا و در حدود

۱. Mons شهری در جنوب بلژیک.

سالهای، ۱۴۶۰ ـ ۱۴۶۴ شناخته شده بود. این توپها نشان دادند که در کار بزودی می‌شکنند. اما توپهای مفرغی بسیار محکم می‌باشند و می‌توان از مفرغ، توپهای یکپارچه ریخت، بشرط اینکه کولاس توپ تغییر کند. انگلستان در حدود سال ۱۵۳۵ با توپهای برنجی آشنا بود. سرانجام حدود ۱۵۴۰ چدن مناسب توپریزی به‌دست آمد. با ریخته‌گری توپهای چدنی، بهای توپ به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. ناوها با توپهای چدنی، نه مفرغی، مجهز شدند. خوب است بدانیم که علت موفقیت درخشان توپخانه کشور فرانسه از زمان شروع سلطنت شارل هشتم ـ زمانی‌که توپهای ایتالیایی رواج بسیار داشت ـ کیفیت عالی مفرغهای فرانسه بود.

تا اواسط سدهٔ شانزدهم، دریچه آتش کردن توپ، فقط سوراخی بود که در بدنه مفرغی توپ ایجاد می‌کردند. این دریچه بزودی آن‌قدر گشاد می‌شد که توپ غیرقابل استفاده می‌گردید. بین سالهای ۱۵۵۰ و ۱۵۶۱ دریچه‌های چدنی یا فولادی اختراع شد و این دریچه‌ها را در سوراخهایی که در بدنهٔ لولهٔ توپ ایجاد می‌کردند، کار می‌گذاشتند و این پیشرفت نمایانی بود. پیش از این نوآوری، هر توپ قادر به شلیک پشت سر هم بیش از ۶۰ یا ۷۰ گلوله نبود و پس از آن می‌بایست خنک شود. در سال ۱۵۶۱ سفیری ونیزی از این روش همچون تکنیک جدید و ویژهٔ توپهای فرانسوی سخن می‌گوید: بدبختانه، این دریچه‌ها بسرعت زنگ می‌زدند.

حمل و نقل و سوارکردن توپ: توپهای جدید مسألهٔ ظریفی را پیش آوردند که مهندسان قرون وسطی که توپهای خود را در محل عملیاتی می‌ساختند، از آن بی‌خبر بودند. از این‌پس توپها، همیشگی بودند و می‌بایست برای حمل و نقل آنها چاره‌ای اندیشید. توپهای اولیه را روی قنداق توپ (بدون چرخ) سوار می‌کردند. آنها را در حفره‌ای که در کنده چوب ایجاد کرده بودند می‌گذاشتند و با چند پیچ، قیدهای آهنی یا حتی طناب در جای خود محکم نگاه می‌داشتند: خدمهٔ توپ نسبت به آن (بحق) کاملاً بی‌اعتماد بودند و تا آنجا که امکان داشت اطراف آن را با کنده‌های بزرگ چوب واقعاً محاصره می‌کردند. این کار، در صورت ترکیدن توپ که غالباً اتفاق می‌افتاد، حفاظ خوبی برای آنها بود. برای اینکه توپ را جابه‌جا کنند، می‌بایست آن را با وسایل بالابرنده روی ارابه بگذارند. در دست‌نویسهای مربوط به جنگ نمونه‌های گوناگونی از این وسیله نشان داده شده‌اند. احتمالاً اندیشه‌ای که موجب طرح ارابه توپهای سبک شده است، از قدیمیترین این دست‌نویسهای جنگی، دست‌نویس آلمانی مربوط به پایان سدهٔ چهاردهم و اوایل سدهٔ پانزدهم اخذ شده است.

نشانه‌روی توپها، فقط با اهرمها و گوه‌ها و یا فروبردن یک سر توپ در خاک می‌توانست انجام گیرد. نشانه‌روی تقریبی بود زیرا نخستین گلوله‌ها را، در حالت محاصره روی دیوارهای قلعه پرتاب

نمی‌کردند بلکه آن را در آن‌سوی دیوارها، درون محل مورد محاصره می‌انداختند. در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم برای قنداق توپ، روی قسمت قدامی آن دو چرخ گذاشته شد. قنداق توپ را به دو بخش منطبق بر یکدیگر تقسیم کردند و بخش بالایی می‌توانست به‌شکل قسمتی از یک کمان گردش کند. توپ در قطعاتی از چوبهای متصل به یکدیگر جاسازی و حفظ می‌شد. این چوبها روی یک لولای افقی که زیر دهانه توپ بود می‌گردیدند. نیرویی که برای بلند کردن توپ لازم بود قابل‌توجه است. قنداق پایینی دارای میله‌های دنده‌دار، کمانهای آهنی سوراخدار است که مهارهای فلزی نگاهدارنده قنداق بالایی، کامل توپ، را حفظ می‌کند. در کتاب کایزر، که متعلق به سالهای نخستین سدهٔ پانزدهم است، نمونه‌هایی از این میله‌های دنده‌دار رسم شده است.

به‌جای اینکه همهٔ قسمت روی محور واقع در زیر دهانهٔ توپ متحرک باشد، قسمت پایینی قنداق متحرک شده بود و به‌جای اینکه مهره، در سر کولاس کار گذاشته شود در سمت راست آن قرار داشت. بدین ترتیب همهٔ وزن توپ روی محور آن سنگینی می‌کرد. برای نشانه‌گیری همان روش میلهٔ دنده‌دار را مورد استفاده قرار می‌دادند. در سال ۱۴۶۰ بود که بدین فکر افتادند که برای اینکه حرکت لولهٔ توپ آسانتر گردد، چند پاشنهٔ افقی برای آن کار گذارند. این پاشنه‌ها نخست سوار می‌شد، اما در دوران شارل هشتم، همراه لولهٔ توپ به‌طور یکپارچه ریخته‌گری می‌شد. نشانه‌گیری توپ در این زمان دیگر با بالا بردن قنداق انجام نمی‌گرفت بلکه با استفاده از گوه‌ها، بعد یک پیچ که زیر کولاس کار گذاشته شده بود، انجام می‌گرفت. حدود سال ۱۵۳۰ علاوه‌بر دو چرخ، چرخ سومی در دنبالهٔ ارابه کار گذاشته شد؛ دنباله ارابه بعدها به دو دیسک محکم تجزیه شد و چرخ سوم را میان این دو صفحه قرار دادند تا گردش توپ آسانتر انجام گیرد.

پیدایش قنداقهای دارای دو چرخ، که می‌توانست به یک ارابه، یا بعدها، به یک مالبند سینه‌ای قلاب شود، شکل جابه‌جا کردن توپ را تا حد زیادی برطرف ساخت. توپهای شارل دلیر (شارل لوتمرر)[1] که در سال ۱۴۷۶ در مورا[2] بدون زحمت فوق‌العاده بوسیله سویسیها به غنیمت گرفته شدند و اکنون در زرادخانهٔ لا نووویل[3] نگاهداری می‌شوند، می‌توانند از این لحاظ توپهای جدید نامیده شوند. به سال ۱۵۱۵ زمانی‌که فرانسوای اول ارتش خود را از آلپ عبور داد، بردن توپها مشکل فوق‌العاده‌ای بود، آنها می‌بایست توپها را از قنداق بیرون آورند و به کمک دستگاه چرخ و

---

۱. Ch.le Temeraire، ۱۴۳۳ـ۱۴۷۷، آخرین دوک فرمانروای بورگونی.

۲. Morat ناحیه‌ای در فرایبورگ سویس، کنار دریاچه مورا.

3. La Neuveville

طناب آنها را از شیبهای تند بالا بکشند (نقش برجسته روی گور این پادشاه این حرکت دشوار را نمایش می‌دهد). چوب قنداق معمولاً زبان‌گنجشک بود. طرح کاشت ردیفی درخت زبان‌گنجشک در طول راههای فرانسه، که لااقل به دو منظور ایجاد سایه برای مسافرین و نیز تأمین چوب لازم برای توپها را دنبال می‌کرد به سولی[1] نسبت داده شده است. هانری دوم از سال ۱۵۵۳ دست به اقدامات مشابهی زد. بالا بردن قنداقها مستلزم داشتن قطعات آهنی متعددی است تا مستحکم گردند. به عقیده نویسنده‌ای از آن زمان، یک قنداق توپ با چرخهایش، محتوی بیش از صد قطعه آهنی است؛ همچنین می‌توان گفت که بمنظور تقویت قنداق، پره‌های چرخ را به طرف ناف آن مایل ساخته بودند.

مهمات: سلاحهای آتشین اولیه تنها قادر به پرتاب گلوله‌های سنگی بودند، یعنی گلوله‌هایی که در کمانهای فولادی به‌کار می‌رفتند. اشکال قضیه در این بود که می‌بایست سنگها را چنان بتراشند که داخل لولهٔ توپ شود و بین گلولهٔ سنگی و لولهٔ توپ هم محل فرار چندانی نباشد، تا قدرت انفجار هدر نرود. این گلوله‌ها پس از اینکه با دیوار دژ برخورد می‌کردند دارای این عیب هم بودند که ممکن بود ترکش و شکستگی ایجاد کنند، اما اثر دلخواه به‌بار نیاید. با این همه تقریباً قطعی است که این گلوله‌های سنگی تا مدتها، در سدهٔ پانزدهم به‌کار می‌رفتند. در بسیاری از موارد این گلوله‌ها را می‌شد در محل ساخت؛ کاری که صرفه‌جویی بزرگ حمل و نقل را با خود داشت.

در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم اندیشهٔ ساخت گلوله‌های چدنی و حتی مفرغی پیش کشیده شد، این گلوله‌ها گرچه شکستنی بودند ولی در زمانی‌که هنر ریخته‌گری کمال یافت، پرتابه‌های بسیار محکمی شدند. این ضعف مهمات تا حدی ناتوانی توپخانه را در محاصره دژها توجیه می‌کند، علت تغییر تکنیک دژسازی بیشتر امکان استفاده از توپخانه برای دفاع بود تا حمله به آن. ما در آینده خواهیم دید که دیوارهای قلعه را پایین می‌گیرند تا توپخانه بتواند با استفاده از سکوهای آجرفرش که لزوماً سقف برج را می‌پوشانید و کنگره قلعه را غیر لازم می‌ساخت بر روی حمله‌کنندگان شلیک کند.

کارشناسان نظامی بزودی در این اندیشه شدند که داخل این گلوله‌ها را خالی و آن را با باروت پر سازند، در نتیجه با پرتاب‌شدن قطعات فلزی که به دنبال ترکیدن گلوله ایجاد می‌شود، تعداد بیشتری هلاک می‌شوند. پاسخ به این پرسش که چنین بمبی در کجا اختراع شد دشوار است، اما گویا در ایتالیا بود. ممکن است بمبهای اولیه چوبی بودند و حلقه‌ای از فلز دور آنها پیچیده شده بود. چنین گلوله‌هایی را می‌توان حتی با کمان فولادی هم پرتاب کرد. والتوریو در کتاب خود که در سال ۱۴۷۲ انتشار یافت، ظاهراً نخستین کسی است که دربارهٔ بمبهای چدنی ریخته‌گری شده، شرحی داده

۱. Sully سیاستمدار فرانسوی ۱۵۶۰ـ۱۶۴۱ مشاور هانری چهارم.

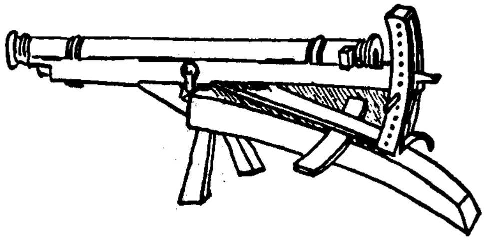
است. معذلک امکان دارد که فرانچسکو دی جورجو در این‌باره تکنیکی را پیشنهاد کرده باشد که تا کنون از مرحلهٔ شروع فراتر نرفته باشد.

از پرتاب گلوله‌های ساچمه‌ای درون مقوا نیز اطلاع داشتند. زمانی‌که در توپهای دارای کالیبر کوچک به‌جای گلوله‌های بزرگ یا کوچک از دانه‌های سرب استفاده شد معلوم گردید که دانه‌های ریزی که در مقوا گذاشته باشد در اثر شلیک پخش می‌شوند و کشنده‌تر هستند، با این همه مهمات سربی بیدرنگ مختص سلاحهای فردی شد.

پیدایش مهمات فلزی انطباق کامل گلوله و توپ را ممکن ساخت و بیدرنگ مفهوم کالیبر ـ چیزی که ذخیره گلوله‌ها را ممکن می‌سازد ـ در اذهان خطور داد. چنین می‌نماید که ذخیره‌سازی مهمات بسیار کم بوده است و غالباً گلوله‌ها را در میدان جنگ می‌ساختند، و از این رو، در محل درپی گردآوری فلز برمی‌آمدند و بیشتر ناقوسهای کلیسا برای این کار قربانی می‌شدند. باز باید از یکی از شانسهای توپخانه فرانسه سخن گفت و آن این بود که فرانسویان بزودی توجه یافتند که نمی‌توان تعداد کالیبرها را افزایش داد. تثبیت قطعی کالیبرها ظاهراً تا پیش از سدهٔ شانزدهم عملی نشد. ظاهراً حوالی سال ۱۵۲۵ بود که در فرانسه کالیبرها را به شش یا هفت شماره محدود کردند: توپ دوتایی، توپ حلزونی، زنبورک بزرگ، حرامزاده، متوسط، شاهین. نیکولو تارتاگلیا در همین دوران برای توپهای ایتالیا ۲۶ کالیبر را نام می‌برد. در زمان هانری دوم، توپ دوتایی حذف شد و «شش کالیبر فرانسه» شهرت یافت، طول و نیز دهانهٔ توپ قانونمند گردیدند. گویا فرمان سال ۱۵۴۴ در مورد این موضوع صادر شده است. چنین می‌نماید که ایتالیاییها از سود آشکار محدود ساختن تعداد کالیبرها بدون اطلاع نبوده‌اند. فرانچسکو دی جورجو در ربع سوم سدهٔ پانزدهم اندازه ده کالیبر را بدقت داده است. اما این کار دنبال نشد و تعدد کالیبر در ایتالیا بیشتر نتیجه فقدان سازمان است تا تخیل.

در مورد تکنیک تیراندازی آگاهی بسیار کمی داریم. بحث دربارهٔ مشکلات صرفاً بالیستیک از چارچوب این کتاب خارج است و بیشتر مربوط به تاریخ علم است تا تاریخ صنعت، با این همه متذکر می‌شویم که در این مورد بیشتر به حدس و گمان دست می‌زدند، زیرا راه‌حلهای علمی آن بسیار دیرتر پیدا شد. در نوشته‌های تارتاگلیا، که قبلاً آورده‌ایم، تحقیقات مهندسانی که در آغاز نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم پایه‌گذار این دانش بوده‌اند، آمده است.

سرانجام در پایان بحث دربارهٔ توپخانه، برای از بین‌بردن برخی افسانه‌ها، متذکر می‌شویم که لااقل در تخیل مهندسان نظامی که یادداشتهای آنان به ما رسیده است خیلی زود فکر توپهای



شکل ۴۳.توپ دارای درجه، حدود سالهای ۱۴۹۰ ـ ۱۵۰۰، لئوناردو (میلان).

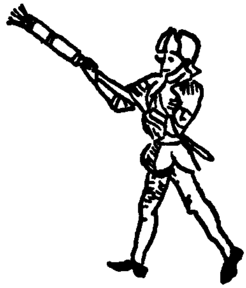
جمعی کوچک که می‌توانستند با همدیگر شلیک کنند و چه با تکیه‌گاه خود و چه روی محور خود گردش کنند، ایجاد شد. این نوع توپ را «ارگ» نامیدند. لئوناردو روی این اندیشه کارکرد و صاحبنظرانی ادعا دارند که این همان نمونهٔ اولیه مسلسل است. چنین سلاحی را می‌توان در دست‌نویس کایزر که به سالهای نخستین سدهٔ پانزدهم برمی‌گردد، دید. در این دست‌نویسها توده انبوهی از افکار و علایم دربارهٔ کاربرد بسیار گوناگون و گاهی بسیار نامنتظرهٔ توپها یا به‌طورکلی سلاحهای آتشین وجود دارد. بخصوص توجه می‌دهیم که سلاحهای آتشین بی‌درنگ بر روی ناوها نصب شدند و از نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم استفاده‌هایی از آن به‌عمل آمد.

احتمال می‌رود همان‌طورکه در مورد کمان فولادی مشاهده شده است خدمهٔ این توپخانه رفته رفته بر پایهٔ تجربهٔ خود دارای اطلاعات تجربی شده باشند که به آنها امکان داده باشد، اگر نه به نتایج رضایتبخش و سنجیده، لااقل به درصد آبرومندی از موفقیتها دست یابند. در سال ۱۴۹۵ ما می‌بینیم که شارل هشتم و سربازان او در ساحل شنی مونکالیری[1] به تیراندازی بر روی بادبانهایی که بین دکلهای ناوها کشیده شده بود، اقدام کردند. بنابراین می‌توان تصور کرد که تکرار این عملیات، در آموزش توپچیهای این دوران و علمیترشدن اطلاعات آنها مؤثر بوده است.

سلاحهای آتشین فردی: گذشتهٔ سلاحهای آتشین فردی به دلیل فقدان اطلاعات گوناگون مبهم است. ما به تکامل آهسته سیستمی از سلاحهای آتشین در جنب کاربرد سلاحهای قدیمی توجه می‌دهیم.

کمان فولادی گرچه تا این تاریخ دوام یافت اما اصلاحاتی هم در آن صورت گرفت. فنر کمان آن را، برای اینکه شلیک تا حد امکان قویتر و دقیقتر باشد، به‌طور پیوسته تقویت می‌کردند. در پایان سدهٔ چهاردهم کمان فولادی برجدار ساخته شد. در این کمان جعبه کوچکی روی یک میله سوار می‌شد در این جعبه، یک چرخ و طناب کوچک قرار داشت که با کمک آن طناب را در شکاف

1. Moncalieri



شکل ۴۴.سلاح آتشین فردی، سال ۱۴۷۵ (لیپزیک).

نیمدایره‌ای وارد می‌کردند. برای این کار تنها باید دو بازویی را که در دو طرف این سلاح قرار داشتند، بگردانند. میله حدود ۹۵ سانتیمتر طول داشت و دهانهٔ قوس کمان فقط ۷۵ سانتیمتر، در حالی که ضخامت آن از انواع قدیمی بسیار بیشتر بود.

بالاخره در سدهٔ پانزدهم می‌توانستیم شاهد پیدایش کمان فولادی از نوع جکی باشیم؛ جک کوچکی که روی اسلحه قرار می‌گرفت و خمش کمان را ممکن می‌ساخت. این سلاح ازکمان فولادی برجدار متشکل از طناب و قرقره، کاربرد آسانتری است. وانگهی میلهٔ این کمان کمی کوتاهتر از نوع برجدار بود: ابعاد آن ۶۰ تا ۶۵ سانتیمتر، و میانهٔ کمان که قویترین نقطهٔ آن بود، ۴/۵ در ۱/۵ سانتیمتر بود. چنین اسلحه‌ای هم بسیار قوی، و هم عمل کردن آن سریع بود. و این دلیل ماندگاری زیاد این سلاح در برابر سلاح آتشین است، که تا مدتها کاربرد آن دشوار و خطرناک بود. بعدها هم انواع کمانهای فولادی تا بخش زیادی از سدهٔ شانزدهم به‌عنوان اسلحهٔ شکاری باقی ماندند.

تاریخ پیدایش سلاح آتشین فردی هنوز مورد گفت‌وگو است. محقق است که توانستند از ابعاد وگلر بکاهند، تا بتوانند به اسلحه با کالیبر کوچک و در نتیجه قابل حمل بوسیله یک نفر برسند. بدین کار هم توفیق یافتند. نخستین تصاویر سلاحهای فردی، تاریخ پایان سدهٔ چهاردهم ـ کایزر، ۱۳۹۰ ـ ۱۴۰۰ ـ را دارد و نمونهٔ خوبی را به تصویر کشیده است. تاریخ‌نگاران برای نخستین سلاحهای فردی مذکور در کتابها، سال ۱۳۶۴ را برای پروجا[۱] و سال ۱۳۸۱ را برای اوگسبورگ تعیین کرده‌اند.

نخستین سلاحهای از این نوع، به‌طوری‌که می‌گویند لوله‌هایی به طول حدود ۶۰ سانتیمتر با شش یا هشت قطعه‌اند که با قنداقی در حدود یک متر ادامه دارند. این قنداق زیر، بازو محکم

۱. Perugia شهری در ایتالیا، مرکز اومبریا در ایتالیای مرکزی.

نگاهداشته می‌شود و یا نزدیک کردن فتیله به روزنهٔ خرج که در کنار لوله تعبیه شده است، آن را آتش می‌کنند. بر پایهٔ این نوع اسلحه طی مراحل کوتاهی در اواخر سدهٔ پانزدهم یا اوایل سدهٔ شانزدهم موفق به ساختن سلاحهای با کاربردی آسانتر شده‌اند. لوله‌های این سلاحها روی چوب سوار می‌شدند لیکن هنوز آنها را زیر بازو نگاه می‌داشتند. رفته رفته قنداق آهنی جای خود را به قنداق چوبی داد که قدری هم عریض بود زیرا لگد این سلاح بسیار شدید بود.

دو نوع سلاح فردی به نامهای آرکبوس (harquebus) و آکبوت (hacquebutte) وجود داشتند که یکی را در دست می‌گرفتند و دیگری را روی خرک می‌گذاشتند که در سال ۱۵۲۰ به‌جای خرک از چنگک استفاده کردند: در این وقت نوع آکبوت تبدیل به موسکت (mousquet) شد. یکی از برتریهای سپاه شارل پنجم[۱] (شارل اول اسپانیا) این بود که نیروی خود را با این سلاحها مجهز ساخته بود؛ آنها را «آرکبوسداران اسپانیایی» می‌نامیدند که در جنگ پاویا بر فرانسویان پیروز شدند؛ فرانسویان چند دهه پاویا را زیر سلطه خود داشتند. همچنین از سال ۱۵۲۳ مونلوک[۲] توانست فرانسوای اول شاه فرانسه را متقاعد سازد که به‌جای کمان فولادی سپاه خود را با سلاح آتشین مجهز کند.

دژسازی

تحولاتی که در تسلیحات پدید آمد، بی‌شبهه تغییرات ژرفی در سیستم دژسازی را به دنبال داشت. توجه داشته باشید که در مبحث توپخانه ما گفتیم که این سلاح بیشتر کار دفاع از دژ را آسان می‌کرد تا محاصره آن را افزایش قدرت آتش، پیدایی مهمات مؤثرتر، منجر به ایجاد تکنیکهای جدیدی شد؛ که به‌آهستگی پیش می‌رفتند.

از این روی نقش توپخانه را می‌بایست از دو نظر مورد بررسی قرار داد: یکی از نظر دفاع از منطقه در برابر سلاحهای نوین، که لااقل در آغاز پیدایی زیاد خطرناک نبودند؛ دیگری کاربرد ویژه توپخانه در امر دفاع این جنبهٔ دوم مسأله، در تمام دوران سدهٔ پانزدهم آشکارا بیشتر مورد توجه بود و منجر به نتایج اساسی برای دژسازی نوین گشت. نه‌تنها مسألهٔ موضع این توپخانهٔ دفاعی، بلکه لزوم انبار کردن ذخایر قابل‌توجهی از مهمات در محلی نزدیک به توپخانه و محافظت از آنها، بخصوص باروت، در برابر حوادث وحشتناک نیز درکار بود. همهٔ این مشکلات و مسائل، تکامل نوع جدیدی از معماری نظامی را الزام‌آور می‌ساخت. گرچه این تکامل تا سال ۱۵۵۰ هنوز انجام

۱. شارل کن (۱۵۰۰ـ۱۵۵۸) ملقب به امپراطور مقدس روم و شاه اسپانیا.

۲. Monluc یا Montluc (۱۵۰۲ـ۱۵۷۷) مارشال فرانسوی.

نشده بود ولی از همان نیمهٔ سدهٔ پیش از آن پیشرفت زیادی در این راه صورت گرفته بود.

اقدامات برای انطباق: نخستین اندیشه‌ای که از خاطرها گذشت، طبیعتاً انطباق دادن دژهای موجود با عملی کردن چند تغییر در آنها بود. همچنین چند دژ بر پایهٔ اصول اصلاح شده، که هنوز نمی‌توان آنها را نوین نامید، ساخته شد. کار منطبق‌سازی مدتها دنبال شد، زیرا در نخستین نیمهٔ سدهٔ شانزدهم نیز هنوز آثاری از آن می‌توان یافت. فرانسوا دوموندون[۱] به دیوارهای دفاعی وانس[۲] دیوارهای دفاعی تازه‌ای افزود همچنان‌که جولیانو سنگالو[۳] دژ سن‌آنجلو را با استحکامات خارجی تقویت کرد؛ این همان روشی است که باتچوپونتلی در اوستیا عملی کرد. مع‌ذلک؛ باید گفت که این مهندسان فرانسوی بودند که برای انطباق فرمولهای کهنه با مقتضیات جدید می‌کوشیدند در حالی که مهندسان ایتالیایی عموماً درپی یافتن راههای جدید بودند.

در فاصلهٔ بین سالهای ۱۴۵۰ تا ۱۴۷۰ تردیدهایی به‌چشم می‌خورد. چند تاریخ و چند نوع کار به ما امکان می‌دهد که منشأ تحول را بدقت تعیین کنیم. دژ لانژه[۴] با سیمای کاملاً فئودالی که حدود سال ۱۴۶۵ ساخته شده است، ناتمام ماند. در این تاریخ می‌دانستند که دنبال‌کردن یک کار کهنه بی‌فایده است. دژ نانت که در سال ۱۴۶۶ ساختمان آن آغاز گردید مانند دژ سن‌مالو[۵] که آن هم درحدود همین سال به ساختمان شد، قطعاً سیمای دژهای قرون وسطایی را دارد؛ اما مثل اینکه در خاک مدفون شده‌اند؛ زیرا خواسته‌اند توپخانهٔ مجهزی در بالای برج کارگذارند در حالی که دیوارهای بسیار بلند دژ با این منظور تطبیق نمی‌کرد. آقای ژ. ریشار[۶] اخیراً سند مهمی انتشار داده است. این سند خاطرات فرانسوا دو سوررین[۷] ملقب به آراگونی است که یکی از فرماندهان بسیار پرآوازهٔ جنگ صد ساله است او فرماندهٔ توپخانهٔ دوک بورگونی بود. آقای ژ. ریشار می‌نویسد: «این سند یا به گفته نویسنده، اندرز، واقعیت دیگری از زمان خود (۲۵ ژوئن ۱۴۶۱) را نشان می‌دهد. این زمان، یک دوران کاملاً انتقالی است زیرا در همین دوران است که به این نتیجه رسیدند که ادامهٔ سبک دژسازی قرون وسطایی محال است.» سوررین نظرات خود را دربارهٔ استحکامات دیژون[۸] که متعلق به سدهٔ دوازدهم است، عرضه می‌دارد. این دژ پس از سال ۱۳۵۸ تقریباً به‌طور کامل بازسازی شد اما فقط خاکریزهایی در برابر دروازه‌ها به آن اضافه گشت. بعدها برجهای جدیدی

---

1. de Mondon F.

۲. Vence مرکز ولایت آلپ - ماریتیم در جنوب فرانسه.

۳. G. Sangallo ۱۴۴۵-۱۵۱۶ معمار و مهندس نظامی ایتالیا.

4. Langeais 5. Saint-Malo 6. Richard 7. F.de Surrienne

۸. Dijon مرکز ولایت کوت ـ دور در مشرق فرانسه، پایتخت تاریخی بورگونی.

در آن ساخته شد و در سال ۱۴۶۱ ساختمان برج سن‌نیکلا[1] شروع می‌شد. سورین اندرز می‌دهد که کار شروع‌شده را تمام کنند و خندق دوم را، که منطقاً در برابر ارتش قرون وسطایی مؤثر بود، پر سازند و پناهگاه بسیار مطمئنی در برابر توپخانه مهاجمین ایجاد کنند. این طرح اولیه سرسره (گلاسی)[2] است. این سرسره می‌بایست هم به تیراندازیهای منحنی (شلیک سنتی) از بالا و هم به تیرهای کشیده (زمین‌تراش) که از پای دیوار شلیک می‌شوند پاسخ گوید و مانع رسیدن مهاجمین به خاکریزها گردد، که از آنها برای تیراندازی سرسره موازی با دیواره‌های جداگر استفاده می‌شد. با همین اقدام تعریف نظریهٔ باروسازی در جلو شروع شد. برای اینکه از دیوارها حفاظت شود سوررین پیشنهاد کرد که بین برجها، نیم برجهایی به‌شکل نعل است، با ارتفاع کم ولی بسیار محکم، دارای روزنه‌های بسیار کوچک و مجهز به تفنگهای سبک ساخته می‌شود.

برج اصلی دژ ام[3] در پیکاردی[4] گویا در سالهای ۱۴۷۰ ـ ۱۴۷۵ ساخته شده است. ارتفاع و قطر این برج ۳۳ متر است. دیوارهای آن کمی به مخروط ناقص شباهت دارند و ضخامت پایهٔ آنها یازده متر است. همهٔ دریچه‌ها و ایوان فرش‌شدهٔ آن برای قرار دادن توپخانه مناسب می‌باشند و کنگره‌های پرتاب سنگ در بام آنها از بین رفته است.

با داشتن چنین عناصر گوناگونی از نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم، تقریباً همه اندیشه‌هایی که بر روش دژسازی فرانسه در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم حکومت می‌کرد برای ما شناخته می‌شود. در اینجا مجدداً تکرار می‌کنیم که این روش بیشتر تطبیقی بود تا انقلابی. ساخت دیوارهای بلند بکلی منسوخ شد و دژهایی ساخته شد که طرح کلی آنها چندان تفاوتی با گذشته نداشت جز اینکه دیوارهای کوتاهتر و ستبرتر شدند. سکوها را برای استقرار توپخانه متناسب ساختند. داخل آنها پناهگاهی با سقف قوسی برای توپ ایجاد کردند. دیوارها ضخامت خود را حفظ کردند و حتی از گذشته هم ستبرتر ساخته شدند. کنگره‌های پرتاب سنگ بیهوده شدند، به همین دلیل باستیون مدور لانگر[5] در پایان سدهٔ پانزدهم ساخته شد. برج بزرگ تولون نیز کاملاً شبیه لانگر است. ساخت این برج که تحت نظارت یک مهندس ایتالیایی، جووانی آنتونیو دلا پورتا[6] بود، در سال ۱۵۱۴ شروع شد در ۱۵۲۴

1. Saint-Nicolas

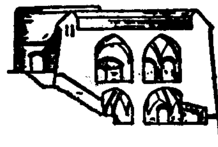
۲. glacis جان‌پناهی در جلو دژ که با شیبی بسیار آرام به سطح زمین می‌رسد بنابراین هر قسمت آن در معرض تیرهای خاکریز است.

3. Ham

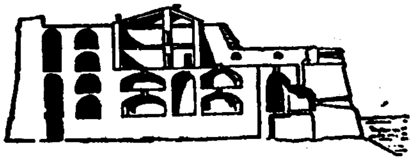
۴. Picardie ناحیه‌ای در شمال فرانسه، کنار دریای مانش و مرز بلژیک.

۵. Langres شهری در شمال شرقی فرانسه در ولایت اوت مارن.

6. Giovanni Antonio della Porta



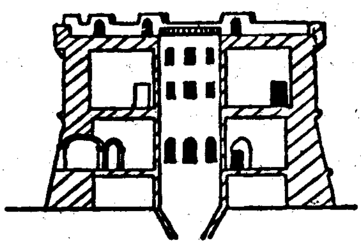
شکل۴۵.باستیون لانگر، حدود سال ۱۴۹۵ (ویوله لودوک).



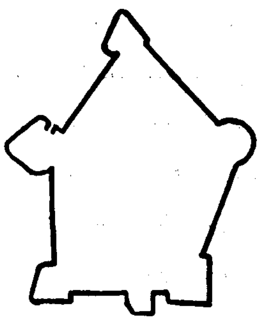
شکل۴۶.برج بزرگ تولون سالهای، ۱۵۱۴ ـ ۱۵۲۴ (آرشیو Génie á Paris).

پایان یافت. قطر این دژکوچک ۶۰ متر و ضخامت دیوار آن در پای دژ، پنج و در بالای آن سه متر بود. این دیوار دارای ۱۶ پناهگاه توپ دارای مزغل مخصوص توپهای با تیر کشیده (زمین‌تراش) بود که بین آنها دو آب انبار قرار داشت. دو شیلو[1] در سال ۱۵۱۷ برای ساختن برج بزرگ لوهاور[2]، که متأسفانه اکنون ویران شده است، از برج تولون الهام گرفته بود.

دژهای اسپانیا کمی بیشتر از آن طویل بودند که بتوان آنها را با شرایط جدید محاصره تطبیق داد. تا مدتها اسپانیاییها فقط با دیوارهای بلند سده‌های پیشین آشنایی داشتند. در این کشور هم، تغییرات نخستین بیشتر در قسمت خود امر ساخت، پدید آمد تا در طرحها. شکلهای تازه در کوکا[3] (حدود سال ۱۴۷۳)، و در لاموتا دو مدینا دل کمپو[4] (۱۴۷۹ـ۱۴۸۰) برپا گردیدند. در ناحیهٔ کوکا هنوز خندق بسیار گودی یافت می‌شود که بنایی شده است، اما دیوارهای آن نسبت به سطح زمین اطراف، زیاد بالا نیامده است تا تیراندازی کشیده یا زمین‌تراش عملی باشد.



شکل۴۷.مقطع برج سن‌میشل در اوستیا، بوسیله میکلانژ (اوتچلی).



شکل۴۸.کروکی دژهای چیویتاکاستلانا، سالهای ۱۴۹۴ ـ ۱۴۹۷ (اوتچلی).

1. Du chillou

۲. Le havre بندری در شمال فرانسه، در مصب رودخانهٔ سن.

۳. Coca دهستانی در ایالت سگوویا در اسپانیا.

4. La Mota de Medina del Campo

نخستین دژ بزرگ و کامل از این نوع، دژ اسپانیایی سالس[1] واقع در روسیون[2] فرانسه است که در آغاز سال ۱۴۹۷ با نظارت مهندس رامیرز[3] ساخته شد. آقای ریتر می‌نویسد: این نخستین دژ بزرگ است که قسمتهای بیشتر آن از تیرهای مستقیم توپخانهٔ دشمن به‌علت موقعیت پایینش در امان بود. معذلک طرح آن بسیار قرون وسطایی بود: یک محوطهٔ مستطیلی که در چهار پهلوی آن چهار برج گرد ساخته بودند. در جبهه‌های جنوب و مشرق آن کارهای جالبی شده بود؛ بدین ترتیب که پهلوها در خارج انحنا داشتند تا اینکه بخشی از یک پیشامدگی مثلثی باشند که از خندق جدا شده‌اند و همچون هلالهایی نموده شوند. سکوهای سنگفرش، مناسب استقرار توپخانه‌ای بودند که از مزغلهای جان‌پناهی بسیار ضخیم و گلاسی شکل تیراندازی کنند. علاوه بر این، شبکه کاملی از مواضع زیرزمینی، راهروهای استراق سمع و راهروهای پناهگاه توپ نیز تعبیه شده بود. مجموعهٔ دژ سالس بدون شک یکی از نخستین مجموعه‌های بزرگ دژسازی نوین محسوب می‌شود.

مهندسین ایتالیایی که در خدمت فرانسوای اول بودند به ساختن دژها نوعی که ما از آن یاد کرده‌ایم، ادامه دادند. دژ ایف[4] واقع در حوالی مارسی، نمونه‌ای از این کار است: دژی مربعی و نیرومند که در جناحهای آن سه برج بزرگ استوانه‌ای ساخته شده است. که سکوهای آن را مناسب استقرار توپخانه ساخته‌اند. تکنیک ساخت آن همان تکنیک به‌کار رفته در برج اصلی تولون است.

نوآوریهای ایتالیاییها: سیر تاریخی کارهای ایتالیاییها کمتر مطالعه شده است و تفکیک تاریخی آنها بویژه در بخشهای بسیار جدید معماری نظامی بسیار دشوار می‌باشد، معذلک بخوبی آشکار است که تغییرات اساسی، در ایتالیا به‌وقوع پیوسته‌اند، هم در زمینهٔ طرح آنها و هم در زمینهٔ خودکار ساخت. کامیل انلارت[5] می‌گوید: معماران ایتالیایی برای آنکه سطح زیر پوشش تیرهای جناحی هرچه بیشتر شود، نخست باستیون را به‌شکل یک برج بیضوی ساختند و آن را با قطعهٔ بسیار تنگی به دیوار جداگر مربوط کردند؛ آنگاه چون جبههٔ این ساختمان ضعیف بود آن را به‌شکل آس پیک ورق بازی درآوردند، سرانجام باستیون را به‌شکل سادهٔ پنتاگون ساختند. نتیجه تمام این تغییرات، پیدایی سیستم چند ضلعی ژان ارار[6] بود که ووبان[7] (سباستین لوپرستر) آن را پذیرفت و

---

۱. Salces یا Salce دهستانی در پیرنهٔ شرقی در ولایت پرپینیان.

۲. Roussillon مرکز ولایت ایزر در جنوب شرقی فرانسه.

3. Ramirez 4. If

۵. C. Enlart باستان‌شناس فرانسوی ۱۸۶۲ـ۱۹۲۷.

۶. J. Errard مهندس نظامی فرانسه ۱۵۵۴ـ۱۶۱۰.

۷. Vauban (Sebastien Le Prestre de)، ۱۶۳۳ـ۱۷۰۷ مهندس نظامی فرانسه، محاصره چندین شهر را رهبری کرد و در سال ۱۷۰۳ لقب مارشالی فرانسه را یافت.

کامل ساخت.

چنانچه بتوان مراحل اساسی تغییرات دژسازی را با نام اشخاصی مشخص کرد، کار جالبی است. با اینکه نویسندگانی از آلمان گفته‌اند که در تغییرات این تکنیکها، تاکولا نقش مهمی داشته است، این کار عملی نیست. برعکس، لازم است کارهای برخی از مهندسان از قبیل لورنتسو دی پیترو معروف به ایل وکیتا[1] (۱۴۱۲ ـ ۱۴۸۰) را که در ابتدا نقاشی می‌کرد و بعدها خود را در سارتانو، اوربتلو، مونته آرگنتولی[2]، همچون مهندس نظامی قابلی نشان داد؛ و نیز از شاگرد او، که بسیار پرآوازه شد فرانچسکو دی جورجو مارتینی بود که ما در موارد متعددی از قابلیتهای او یاد می‌کنیم؛ و بالاخره برادران سان گالو: جولیانو(۱۴۴۵ ـ ۱۵۱۶) و آنتونیو (۱۴۵۵ ـ ۱۵۳۴)، باتچو پونتلی فلورانسی که شاگرد فرانچسکو دی جورجو بود و میکله سان‌میکله[3] را می‌توان نام برد که باید با دقت بیشتری مورد مطالعه قرار گیرند. چنین می‌نماید که تغییرات بنیادین معماری نظامی را این اشخاص معدود هدایت کرده‌اند.

محقق است که طرح گازانبری نخستین بار در نوشته‌های فرانچسکو دی جورجو آمده است. لیکن گرچه او سیستمی از طرحها را که در آنها جداگر در مرکزشان شکسته هستند را ارائه داده است ولی خود او هم خوب می‌فهمید، بیهوده است که ما در مورد پیشامدگیهای پیشنهادی او به‌چشم اثری که نوع جدیدی را نمایش می‌دهد بنگریم: اینها جز برجهای ثقبه‌دار چیز دیگری نیستند. در مغرب شهر رودس، دروازهٔ سن ژرژ بوسیلهٔ برجی مستطیلی که به‌طور ساده‌ای مجزاسازی شده بود (۱۴۲۱ ـ ۱۴۳۱)، حفاظت می‌شد. در جلوی این برج، روبه‌صحرا، بنای پیشامده‌ای است که نقش تقویت شبه‌حصارهای اول را دارد. در سال ۱۹۴۶ پیراوبوسون[4] بیرون این حصارها را با خاکریزهای محکمی تقویت کرد، این خاکریزها، حصارها را دور می‌زنند گرچه خندقی آنها را از هم جدا می‌کند. ایجاد آنها به قصد استقرار توپخانهٔ دفاعی، تا سر حد امکان در جلو دیوارهای جداگر بود. در سال ۱۵۲۱ به توصیهٔ بازیلیو دلا اشکوئولا[5] ساکن ویچنتسا[6] خندق داخل خاکریز را پر کردند و آن را به دیوار بالای خندق وصل کردند. از این پس خاکریز با دیوار جداگر یکی شد و بر راهروی بالای حصار مسلط گشت. بین سالهای ۱۴۹۶ و ۱۵۲۱ نوع دژهای ایتالیایی در واقع

1. Vecchietta (Lorenzo di Pietro) 2. Monté Argentoli

۳. Michele Sanmichele (۱۴۸۴ـ۱۵۵۹)، معمار و مهندس نظامی ایتالیا.

۴. P. Aubusson ۱۴۲۳ـ۱۵۰۳ کاردینال فرانسوی، که از جزیرهٔ رودس در برابر ترکها قهرمانانه دفاع کرد.

5. Basilio della Scuola

۶. Vicenza شهری در شمال شرقی ایتالیا.

پیشرفت جدی داشته است.

نخستین شکل باستیونهای به‌شکل آس پیک در آخرین سالهای سدهٔ پانزدهم (۱۴۹۴ ـ ۱۴۹۷) در چیویتا کاستلانا بر پا شد. در اینجا برادران سنگالو (۱۴۹۴ ـ ۱۴۹۷) کار می‌کردند ولی این کار را با فرمولهای سنتی مخلوط کرده بودند در قلعهٔ اوستیا نیز همین وضع دیده می‌شود. کسانی ساخت این قلعه را به باتچو پونتلی نسبت می‌دهند. این قلعه در همان دوران ساخته شده است و وجود ثقبه‌ها و دیوارهای بلند، به آن حالت دژهای قدیم را داده‌اند. با وجود اینکه برادران سنگالو هنوز به طرح دژ نتونو[1] (۱۵۰۱ ـ ۱۵۰۲) که دارای باستیونهای به‌شکل آس پیک بود و بیشتر به طرح مستطیلی سنتی شباهت داشت، پابند بودند ولی به‌نظر آنها، اجرای این‌چنین طرحهایی پرهزینه می‌آمد. سرانجام «طرح چندگوشه» در دژ چیویتا وکیتا، که آنتونیو داسنگالو در سال ۱۵۱۵ آن را آفریده بود، اجرا شد. در این طرح همان اندیشه‌های گذشته، اما با انطباق و درک عمیقتر، در آنکونا[2] (سال ۱۵۲۷) و در طرحهای دفاع از روم در ۱۵۳۷ مبنا قرار گرفته است.

از این زمان به بعد نخستین باستیونهای گوشه‌دار می‌توانستند پدیدار گردند. کاملاً منطقی است که آنها را در ایتالیا به اجرا درآوردند. باستیون دلا مادالنا[3] در ورونا[4] بوسیله میکله لئونی، مهندس جمهوری ونیز در سال ۱۵۲۷ ساخته شد. سان‌میکله همین طرح را در شهرهای: ونیز، سبنیکو[5]، کاندیا[6] (کرت) به اجرا درآورد. باستیون ورده[7] که در سال ۱۵۳۶ در تورن ایتالیا ساخته شد، همین اجرا به‌کار رفته است. در فرانسه، مهندسان ایتالیایی بسرعت بناهای مشابهی در تروا (۱۵۲۴ ـ ۱۵۲۹)، سن پول دووانس، دو ناوارنس[8] (۱۵۳۴ ـ ۱۵۶۹) برپا کردند. این شباهت آن‌قدر زیاد است که بعضی صاحبنظران می‌پرسند که این فرمول نوین درکدامیک از دو کشور کامل شده است؟ و آیا در هر دو کشور هم زمان تکامل یافته است؟

فنون محاصره: هنر دژسازی به برکت همهٔ این تغییرات از هنر محاصره کردن پیش افتاد. می‌توان ادعا کرد که بین میانهٔ سدهٔ پانزدهم و میانهٔ سدهٔ شانزدهم هیچ دژی نه به توسط حمله عمومی افراد و نه بوسیله بمباران شدید سقوط نکرده است. بنابراین برای تسخیر دژها، تکنیکهای جدیدی لازم آمد و برای کامل‌سازی این تکنیکها، مقامات لشکری طبیعی است که به همان مردانی مراجعه

1. Nettuno

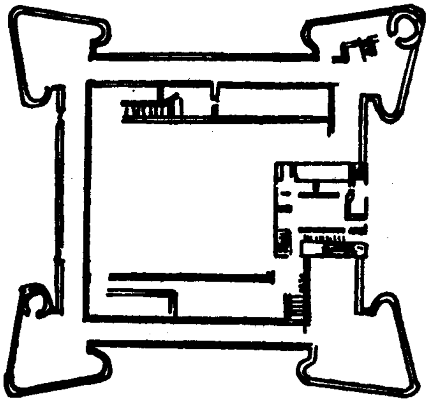
۲. Ancona شهری در ایتالیای مرکزی.

3. della Maddalena

۴. Verona شهری در شمال شرقی ایتالیا.

5. Sebenico 6. Candia 7. Verde

۸. Navarrenx شهری در فرانسه، مرکز پیرنه آتلانتیک.



شکل ۴۹.نقشهٔ دژ نتونو، سالهای ۱۵۰۱ ـ ۱۵۰۲ (اوتچلی).

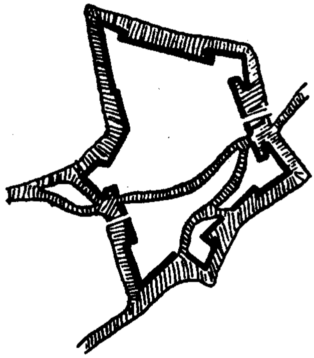
کنند که نحوه دفاع از دژ را دگرگون ساخته بودند. معماران بزرگ نظامی هم برای ساختن دژها و هم برای تسخیر آنها به خدمت گرفته شدند، و فرانچسکو دی جورجو نمونهٔ خوبی از آنهاست.

گرچه توپخانه نشان داد که تأثیر آن در این کار کم است و درگذشته هم تکنیکهایی که برای تسخیر دژهای قرون وسطایی دارای دیوار بلند به‌کار گرفته می‌شدند، عجز خود را نشان داده بودند، اما یک نقب‌زنی خوب دیوار این نوع دژها را بسهولت درهم می‌ریخت، لیکن حال که دیوارهای دژ بسیار قطور و کوتاه بودند، دیگر چنین تکنیکی سودمند نبود. در این زمان بود که به فکر افتادند که کار نقب‌زنی را با آتش‌زدن چوب‌بستهای نقب و نیز تأثیر انفجار باروت ترکیب کنند تا نتیجهٔ مین‌گذاری واقعی به‌دست آید. نام مخترع این تکنیک، زمان و مکان نخستین مین‌گذاری، هنوز مورد بحث صاحبنظران است. یکی از مخترعان احتمالی این تکنیک، تاکولا (یاکوبو ماریانو) است که در کتاب خود حدود ۱۴۴۰ چند تصویر خامی از مین‌گذاری دارد. مین مطمئناً در این تاریخ بوده است، اما آیا می‌توان گفت که تاکولا شروع‌کننده آن می‌باشد؟ و یا در کجا از آن استفاده کرده است؟ مین‌گذاری به‌طور رسمی در ۱۴۹۵ در کاستل‌نوو[1] (در ناپل) و در سال ۱۵۰۱ در محاصره سفالونیا[2] به‌ثبت رسیده است.

بنابراین‌تقریباً مطمئنیم که مین‌گذاری در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم، بویژه بوسیلهٔ فرانچسکو دی جورجو، و اوایل سدهٔ پانزدهم انجام گرفته است و مهندسانی در این تکنیک استاد بوده‌اند. فرانسوای اول در این راه از شایستگیهای مهندسی که بدون تردید اسپانیایی بوده است، یعنی

1. Castel Nuovo

۲. Cephalonia یا کفالنیا بزرگترین جزیره ایونی (یونان).



شکل ۵۰.کروکی دژهای La Fére ، سال ۱۵۴۰ (اوتچلی).

پدرو ناوارو (۱۴۶۰ ـ ۱۵۳۸) بهره گرفته است. موفقیتهای این مهندس شگفت‌انگیز بود. از سال ۱۵۰۰ تا ۱۵۰۳ تجارت او در مین‌گذاری در سیسیل و ایتالیای جنوبی برای کنت اسپانیایی او را به ساخت نوعی وسیلهٔ انفجاری رهنمون کرد که تا سدهٔ نوزدهم هیچگونه تغییری در آن داده نشد.

این چند جنبهٔ تکنیکهای نظامی که به‌اختصار گفته شد، نشان می‌دهد که پیشرفتهای در کمتر از یک سده کاملاً سریع بوده‌اند و از میراث قرون وسطایی به تندی به نخستین تظاهرات تکنیکهای نوین می‌رسیم. در خود آن زمان به سریع بودن تحولات آگاه بودند. کاردینال گرانول[1] در ۱۵۵۹ به فرستاده الیزابت، ملکه انگلستان جواب می‌دهد: «مردمان شما جسور و هشیار هستند ولی طی این سالها چه‌کرده‌اید؟ می‌توان گفت که هنر جنگ اینک چنان است که باید هر دو سال آن را از نو آموخت.» جنگ دریایی نیز دستخوش تحولات عمیقی بود: در سالهای آخر سلطنت هانری هشتم (۱۵۴۰ ـ ۱۵۴۷) تعداد زیادی از ناوهای انگلیسی با انواع توپها مجهز بودند. همان اندازه که توپ کار دژسازی را متحول ساخت در تغییرات ایجاد شده در امر کشتی‌سازی نیز مؤثر بود.

چنین نیست که گفته شود: پیشرفت تکنیکهای نظامی روی مجموعهٔ تحول تکنیک تأثیر داشته است. همان‌طورکه در قسمت مربوط به کشفیات بزرگ گفته‌ایم یک پیشرفت جزئی نمی‌تواند علت یک حرکت کلی باشد. آقای نف[2] متذکر می‌شود که نیازمندیهای نوین نظامی که نتیجه روشهای جدید

۱. Granvelle آنتوان پرنودو ۱۵۱۷ـ۱۵۸۶ کاردینال و سیاستمدار فرانسوی که در خدمت شارل پنجم و فیلیپ دوم اسپانیا بود.

2. Nef

جنگ در سدهٔ شانزدهم بودند در دستاوردهای فني که بخش اساسی نخستین «انقلاب صنعتی» است عامل مهم و اساسی نیستند. پیشرفت متالورژی که در دگرگون‌سازی تکنیکهای نظامی سهم بسزایی داشته است، کاملاً مستقل از سیاست نظامی بود. باید گفت که تنها بعضی اختراعات که مورد علاقهٔ یک دولت یا یک شاهزاده بوده‌اند، توانسته‌اند تجهیزات بهتری برای ارتش آنها تأمین کنند.

۸

تکنیکهای سازماندهی مکان

تردیدی نیست که مردان رنسانس در تکنیکهای سازماندهی مکان، اصالت و نیز استعداد سازگاری خود را به بهترین وجهی نشان داده‌اند. این مردان توانستند تجربه‌گرایی هشیارانه را، که از درخشانترین دستاوردهای قرون وسطی بود، با روشهای بسیار قوی و احساس کاملاً بیدار نسبت به نیازهای واقعی و یک منطق برتر ترکیب کننده، بخصوص چنین می‌نماید که مفاهیم کلی در همه‌جا خودشان را تحمیل می‌کنند؛ در این زمینه تشکیل سلطنتهای متمرکز کمک زیادی کرده است.

طلوع حکومت سیاسی بسیار قوی، بر پشتوانهٔ بورژوازی فعال و تسلط آن بر بخشهای بسیار گستردهٔ جغرافیایی، که در گذشته به‌علت حکومت فئودالها قطعه‌قطعه بودند، بی‌شبهه در به‌دست آوردن نتایج بهتری از آزمایشها و عمومیت بخشیدن به فرمولهای بهتر را امکان‌پذیر ساخت. لیکن در این برهه شاهد کارهای بزرگ مردمی نیز هستیم که تا آن وقت اجرای آنها بسیار دشوار بودند. زیرا هم از مرزهای جغرافیایی واحدهای سیاسی زمان و هم از قدرت مالی آنها خارج بود.

شهرنشینی و ساختمانهای بزرگ، از هر نوع، مهندسان رنسانس را بخود مشغول ساخته بود. اکثر دستاوردهای این دوره را ما به آنها و بویژه مهندسان ایتالیایی مدیون هستیم. یادداشتها و

طرحهای آنها منابع فراوانی هستند که لااقل برای مروری که ما در اینجا از آن زمان می‌کنیم بسهولت قابل استفاده هستند.

شهر و مشکلات آن

شهر در عین حال که مرکز فعالیتهای بزرگ فکری دوران رنسانس بود، پشتوانه اصلی حکومت مرکزی هم به‌شمار می‌آمد. در این دوران شهر بسیار گسترده شد و به دنبال آن تکنیکهای مربوط به آن تکامل یافت. تأثیر دوران باستان کم نبود: کشف دوباره و تدریجی روم قدیم روشنفکرترین اشخاص را به تفکر در مورد مشکلات شهری تشویق کرد.

پیدایش برنامه‌ریزی شهری: شهرنشینی به نظریه‌پردازان و نیز تکنسین‌ها میدان شکوهمندی برای تجربه عرضه داشت. معماران بزرگ رنسانس از این امر کاملاً آگاه بودند و عده زیادی از آنان اندیشه‌های خود را دربارهٔ این موضوع پیشنهاد کردند. می‌توان اطمینان داشت که آنها هنوز از فونکسیونالیسم آگاهانه فاصله زیاد داشتند. نوعی سیستم، هنوز با صبغهٔ قرون وسطایی، به کندی روبه‌نابودی داشت. آقای پ. لاودان[1] تذکر می‌دهد که: ما اینک از قرون وسطی که جز پراکندگی، مصلحت‌گرایی، احساس نسبی بودن و کاربرد راه‌حلهای گوناگون برای یک موضوع چیز دیگری نداشت، بسیار دور شده‌ایم. تنها مفهوم شهرسازی، با تمام جنبه‌های کلی آن، پیشرفتی انکارناپذیر است.

باتیستا آلبرتی در کتاب خود با عنوان *Re Aedificatoria* که در سال ۱۴۵۲ تألیف کرده است و نخستین‌بار در سال ۱۴۸۵ چاپ شده است، بارها به مسألهٔ شهرسازی به‌طور پراکنده پرداخته است چنانچه آلبرتی یک معمار نوآور هم بود باز نمی‌توان او را انقلابی نامید. او هنوز عمیقاً گرفتار افکار قرون وسطایی است. در قسمت چهارم کتابش مسألهٔ مسکن را مورد بحث قرار می‌دهد برای اینکه بی‌درنگ نتیجه بگیرد که در این قضیه هیچ‌گونه قاعدهٔ کلی یا اصل جمعی وجود ندارد، بلکه تنها یک مورد فردی است. پس از اینکه مسکن برگزیده شد، همه‌چیز باید مناسب با آن تغییر یابد: «لازم است که محیط شهر و توزیع بخشهای آن متناسب با پراکندگی منازل باشد.» بنابراین مسأله‌ای جز تطبیق دادن، مطرح نیست. آلبرتی پس از این تذکرهای عاقلانه، به‌طور سیستماتیک شهر را به ۱۲ محله (طبق سیستم افلاطون) تقسیم می‌کند و می‌خواهد آن را طبق Cosmos (نظم و هماهنگی) فیثاغورسی بر پایهٔ قانون اعداد بسازد. آلبرتی خود را هواخواه مسکن‌گزینی اکید، که یکی از اصول قرون وسطی بود، نشان می‌دهد، او در اجرای این قاعده بویژه برای اصناف اصرار

1. P. Lavedan

داشت. در تقسیمات شهری او، برای هر صنف، بازار و محلهٔ خاصی برای سکنی درنظر گرفته شده بود. برای رسم کوچه‌ها در نقشه از اصل دوگانهٔ خطوط راست و خمها استفاده می‌کرد، او با حرارت زیاد از کوچه‌های منحنی دفاع می‌کرد که هم تنوع زیادی داشتند و هم از لحاظ نظامی ارزشمندتر بودند. اما در همین کتاب برای نخستین‌بار نظریهٔ کوچه‌های مستقیم نیز پیشنهاد می‌شود: خانه‌هایی دقیقاً در یک خط وبا ارتفاع یکسان که به یک یادمان بزرگ ختم می‌شوند. آلبرتی در طرح شهر آرمانی خود، نوع شعاعی همگرا را برمی‌گزیند که دارای خطوط مستقیم طویل همراه با کوچه‌های دایره‌ای همگراست. به‌نظر آقای لاودان پیدایش زیباشناختی شهرسازی دستاورد مهم آلبرتی است.

فیلارته که نوشته او کمی پس از آلبرتی است و با وجود نسخه‌های فراوان مورد استفاده، هیچ‌گاه به چاپ نرسیده است به همان نتیجهٔ بالا رسیده است. شهر آرمانی او به‌شکل ستاره شانزده گوشه است. دروازه‌های آن در زاویه‌های تو رفته ستاره قرار دارد. در مرکز ستاره، میدان بزرگ مستطیلی است که از آن شانزده کوچه مستقیم منشعب می‌شود. این کوچه‌ها هر یک از میدانی فرعی عبور می‌کنند که در هر یک از این میادین هشت کلیسا و هشت بازار ساخته شده است. این میدانهای فرعی با یک راه کمربندی به یکدیگر ارتباط دارند. توجه می‌دهیم که در طرح فیلارته، چندین بنا، مانند تئاتر و بیمارستان موقعیتهای بی‌قاعده‌ای اشغال می‌کنند.

فرانچسکودی جورجو مارتینی نیز به سنت کلاسیک بسیار نزدیک است. کتاب او با عنوان *Prolegomena* مشحون از نقل قول از ارسطو، ویتروویوس، پلینی و پالادیو می‌باشد؛ لیکن او نیز به همان اندازه به نوع کار قرون وسطایی نزدیک است. گرچه او نظیر پیشینیانش، که به آنها زیاد مدیون است، مدل شعاعی همگرا را بسیار جدی پیشنهاد می‌کند، چنین می‌نماید که به موارد فردی و به بی‌قاعدگیهای اجتناب‌ناپذیر زمین توجه زیاد دارد.

آلبرشت دوره درکتاب خود که در سال ۱۵۲۷ چاپ شد شهر مربعی شکل را پیشنهاد می‌کند که تقریباً شبیه اردوگاههای روم تقسیم شده است و این طرح شطرنجی را با نظم دقیقی سامان داده است. این امر او را به‌نوعی تخصیص بسیار جدی محلات و حتی به‌نوعی منطقه‌بندی سوق داده است. او کلیسا را درگوشه‌ای قرار می‌دهد و محوطه‌ای را جهت فضای سبز کنار می‌گذارد که در آنجا ساختمانی بنا نخواهد شد.

همهٔ این نوشته‌ها محققاً تأثیر داشته‌اند، یا بهتر است بگوییم که اهمیت اندیشه‌های مندرج در آنها را می‌توان سنجید و به‌نظر می‌رسد کسانی که ساختمان کرده‌اند به‌طورکلی آنها را در نظر گرفته‌اند. در این نوشته‌ها، نخست ارتباط اورگانیک بخشهای مختلف شهر و تبعیت کل شهر از مرکز آن به‌چشم

می‌خورد. این مرکز که میدان بزرگ شهر خواهد بود در شهرهای قرون وسطایی، که حداکثر یک بازار داشتند، سابقه نداشت یا تقریباً بی‌سابقه بود. به‌همین‌دلیل است که به‌نظر شهرسازان رنسانس، طرح شعاعی همگرا منطقیترین طرح است. عنصر دیگر این نوشته‌ها لزوم پرسپکتیو یادمانی است که در گذشته وجود نداشت. آنها یادمانها را فقط کاتدرالهای گوتیک نمی‌دانستند بلکه از نظر پرسپکتیو برای آنها اهمیت داشتند. غالباً یادمانها روی پرسپکتیو و یا پرسپکتیو روی یادمان که تأثیر متقابل داشته است. شهرسازان سرانجام اندیشهٔ برنامه‌ریزی را که جایی برای دخالت فردی نمی‌گذاشت، وارد کردند. کوچه را دیگر نمی‌شد فضای آزاد بین خانه‌ها دانست، بلکه آن بر اعمال سلیقه‌های فردی حکومت می‌کرد. خانه‌ها باید در یک خط قرار گیرند و ارتفاع معینی داشته باشند. ارتفاع خانه‌ها باید متناسب با عرض کوچه‌ها یا میدانی که مشرف بر آن هستند، باشد.

اجرای کار: آیا این معماران بزرگ واقعاً یک طرح برنامه‌ریزی شده را پیاده می‌کردند؟ باید گفت که آنها در مرحله اجرا غالباً از تئوری دور می‌شدند. معذلک در قرنی که از سال ۱۴۵۰ تا ۱۵۵۰ امتداد داشت، در حد امکانات و در شرایط مطلوب اصول را بشرط آنکه تئوریسین‌ها آن را بروشنی توضیح داده باشند، رعایت می‌کردند. بیدرنگ خاطرنشان می‌کنیم که مسألهٔ تنسیق عمومی خانه‌های موجود در کار نبود. شهرهای قرون وسطایی تا سالهای نخستین سدهٔ نوزدهم باقی ماندند. شهرسازان فقط در مورد محله‌های جدید، مثلاً محله‌هایی که در ایتالیای شمالی ساخته می‌شد، یا در مواردی که شهر جدید، معمولاً شهرهای مرزی در بخش جنوبی اروپا، در دست احداث بود نظر می‌دادند. چند نمونه که گواه اندیشه‌های نوین می‌باشند ذکر می‌کنیم.

از تنسیق شهرهای قدیمی هیچ نمونه‌ای در دست نیست. یکی از مهمترین و نیز قدیمترین شهرهای تنسیق یافته شهر پینتسا در ایتالیاست. این شهر به‌جای شهر کوچک کورسیگنانو[1] (زادگاه پاپ پی دوم در سال ۱۴۰۵) ساخته شد. پاپ در سال ۱۴۶۲ برناردینو روسلینو[2] را مأمور ساخت تا زادگاه محقر او را نوسازی کند. این معمار بخصوص میدانی در آنجا ساخت، که نخستین میدان رنسانس بود، در اطراف این میدان یک کاتدرال و چند کاخ ایجاد کرد به‌طوری‌که منظرهٔ آن بکلی تغییر یافت.

در موارد بسیاری گسترش شهر از تمایلات و فانتزیهای شخصی خارج شد. محله‌های جدیدی که در اینجا و آنجا ساخته می‌شد از این پس برپایهٔ مقرراتی بودند که غالباً در اجرای آنها سختگیری می‌شد. برای نمونه می‌توان از تورن (تورینو) نام برد که در آنجا نقشهٔ شطرنجی تصویب شد. در

1. Corsignano

۲. B. Rossellino ۱۴۰۹ـ۱۴۶۴ معمار و مجسمه‌ساز ایتالیایی.

فرانسه بدون اینکه چنین نمونهٔ جالبی وجود داشته باشد، مقررات بسختی اعمال می‌شدند: بخشهای جدید شهر آمین، که ساختمان آنها در سال ۱۴۷۹ آغاز شد، و نیز شهر شالون سورسون که بنای آن از ۱۴۶۶ شروع گردید، کاملاً بر اساس مقررات ساخته شدند. همباد بودن (در یک خط قرار داشتن) ساختمانها رعایت می‌شد، و در صورت انحراف از مقررات مجازات می‌شدند. در سال ۱۴۳۲ در آمین، بساط‌چینی در معابر قدغن شد و در سال ۱۴۷۴ برای پیشامدگی خانه‌ها، حدودی معین گشت.

در این دوران، شهرهای کاملاً جدید کم بودند. در چند موردی که در دست ماست توجه بوده است که نقشه‌ها دارای همان دقت باشند. در کورته ماجوره[۱]، شهری که در فاصلهٔ سالهای ۱۴۷۰ تا ۱۴۸۱ برپا گردید نقشهٔ شطرنجی اجرا شد، همان نقشه‌ای که در گاتینارا[۲] پیاده گردید و حصاری مستطیلی شکل داشت. نخستین شهر بزرگی که در فرانسه بر اساس نقشه ساخته شد لوهاور بود و نخستین سازندهٔ آن گیون لو روا[۳]، که بر روی قطعه زمینی که به او واگذار شد، نخستین محله را ساخت. این محله را بدون اینکه نقشه کلی در دست داشته باشد، بنا کرد و چنان نابسامانی پدید آمد که تصحیح آن بسیار دشوار بود. شاه ناچار در سال ۱۵۴۱ به معماری ایتالیایی به نام بلارماتو[۴] مراجعه کرد. این معمار درگذشته محلهٔ سن‌فرانسوا را بر اساس نقشه‌ای که از پیش آماده شده بود، هدایت کرده بود. محله‌ای که دارای کوچه‌های مستقیم و با قاعده بود. و در این نقشه وضع معماری خانه‌ها هم مشخص شده بود. در این محله شبکهٔ فاضلاب و یک منبع آب برای هر بلوک خانه‌ها و فرش سیستماتیک کوچه‌ها انجام شده بود. نخستین شهر مرزی که مطابق قاعده، دژسازی شد ویتری لو فرانسوا[۵] نام داشت که در سال ۱۵۴۵ بر اساس نقشه‌ها جیرو لامو مارینی بولونیایی[۶] ساخته شد. این نقشه اکیداً شطرنجی بود. با این همه توجه می‌دهیم که در این نقشه، کلیسا در گوشه‌ای از میدان اصلی شهر جای داشت و بازار از مرکز شهر کمی دور بود. این شهر نخستین شهر دژسازی شده است که بسیار منظم و منظره‌ای تقریباً با قاعده دارد که در پایان سده‌های شانزده و هفدهم تعداد آنها چندین برابر شد و غالباً با نام ووبان همراه هستند.

کار شهرسازی برپایهٔ نقشه فقط در روم انجام گرفته است. که آن هم به‌طور گسیخته و محدود بود. پاپ پاولوس دوم (۱۴۶۴ ـ ۱۴۷۱) دست به‌کار گسترش راه فیلامینا[۷] شد که با نام راه کورسو[۸]، میدان مردم (پیاتسادل پوپولو)[۹] را به میدان ونیز مربوط می‌ساخت. پاپ سیکستوس چهارم

1. Corte Maggiore 2. Gatlinara 3. Guyon Le Roy 4. Bellarmato

۵. Vitry-Le-François مرکز ایالت مارن فرانسه.

6. Girolamo Martini 7. Via Flamina 8. Corso 9. Piazza del Popolo

(۱۴۷۱ ـ ۱۴۸۴) یک نقشه ساختمانی تهیه کرد و در ۱۴۷۳ باتچوپونتلی به فرمان او پل سیستو[۱] را بنا کرد. پاپ الکساندر ششم (۱۴۹۳ ـ ۱۵۰۳) شهر بورگو[۲] را نوسازی کرد. پاپ یولیوس دوم (۱۵۰۳ ـ ۱۵۱۳) راه یولیا را بازکرد، و لئوی دهم (۱۵۱۳ ـ ۱۵۲۱) راه لئونینا را، که میدان مردم را به میدان ناوونه[۳] مرتبط می‌ساخت، ایجاد کرد. همچنین یک ردیف بزرگراه را طرح کرد تا آمد و شد را که بسیار دشوار شده بود آسان گرداند. قتل و غارتی که در سال ۱۵۲۷ در روم به‌وقوع پیوست[۴] همهٔ این طرحها را درهم ریخت. در سال ۱۵۴۰ میکلانژ طرحهایی برای ساختن کاپیتول[۵] و محوطهٔ محصور آن ارائه داشت؛ این طرحها در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم اجرا شدند.

تغییرات دیگری در شهرهای قدیمی ایجاد نشد. گرچه لئوناردو برای شهر میلان جهت حل مشکل آمد و شد، مشکلی که در همه‌جا وجود داشت، کوچه‌های چندطبقه را مطرح ساخت، اما این طرح اجرا نشد: در روم در سال ۱۴۹۹ تصمیم مؤثرتری گرفته شد، بدین ترتیب که از حرکت همه کالسکه‌ها، جز کالسکه‌های کاردینالها، در شهر جلوگرفتند. در فراره شهر تازه به شهر کهنه متصل شد و دژی، رابط این دو شهر شد. نخستین بزرگراهها در این دوران ساخته شد: بزرگراه کورسو با شانزده متر عرض، که دوازده متر عرض شوسهٔ آن بود، بزرگراه پو[۶] با هجده متر عرض.

باهمهٔ احوال چنین می‌نماید که اصالت دورهٔ رنسانس در ایجاد میدانی است که شهر یا لااقل یک محله، اطراف آن ساخته می‌شد. عرض این میدان، طبق رایجترین قاعده، باید سه تا شش برابر ارتفاع ساختمانهای اطراف باشد. در فلورانس بر همین اساس میدان سانتا کروچه[۷] ساخته شد، سنگالو نیز در ۱۵۱۸ میدان آنونتسیاتا[۸] را در همین شهر ساخت. مجسمه‌های بزرگی که در وسط این میدانها نصب می‌شد نیز از نوآوریهای رنسانس بود. مجسمه گاتاملاتا[۹] کار دوناتلو، نخستین مجسمه از این رده بود. این مجسمه که سفارش آن در سال ۱۴۴۶ داده شد در سال ۱۴۵۳ ساخته شد. پاولوس سوم مجسمه قدیم مارک اورل را در ۱۵۳۸ در میدان کاپیتول روم قرار داد.

---

1. Sisto

۲. Borgo مرکز ولایت اوت‌کرس متعلق به فرانسه در دریای مدیترانه.

3. Navone

۴. این قتل و غارت نتیجهٔ اتحاد پاپ کلمنس هفتم با شاه فرانسه فرانسوی اول بود که سبب شد سپاهیان شارل پنجم به روم بتازند و شهر را بکلی تاراج کنند.

۵. Capiol یا تپهٔ کاپیتولین، مرتفعترین تپهٔ شهر روم و مرکز تاریخی و مذهبی آن.

6. Po 7. Santa Croce 8. Annunziata

۹. Gattamelata، ۱۳۷۰ـ۱۴۴۳ فرماندهٔ ایتالیایی سربازان مزدور پاپ مارتین پنجم و اوگنیوس چهارم.

شهرداری: ایجاد ادارات شهرداری در زمان رنسانس از پیشرفتهای محسوس این زمان است ولی این ادارات در شهرهای معدودی ایجاد شدند. اصلاح و پاکسازی همه میراث سده‌های گذشته کار آسانی نبوده توجه داده می‌شود که در کشورهایی، مجموعه‌ای از کارهای پراکنده، نشان دهندهٔ حالتی است که روبه‌کمال دارد. فرش کردن کوچه‌ها از این نظر بسیار گویاست. این کار از همان سالهای ۱۳۸۳ ـ ۱۳۸۶ در دیژون انجام گرفت، و در سال ۱۴۰۶ در روان، در سال ۱۴۱۸ در آلبی[1] و طی سدهٔ پانزدهم در تعداد زیادی از شهرهای فرانسه، کوچه‌ها را مفروش ساختند. در پاریس در سال ۱۳۶۶ یا از ماسه‌سنگهای مربعی بزرگ برای این کار استفاده می‌شد و یا از سنگهای آهکی چهارگوش کوچک که از رسوبهای ژانتیلی[2] استخراج می‌کردند. در دوره در ۱۳۵۰ سنگها را در بستری از ماسه کار می‌گذاشتند و همین روش در سال ۱۴۰۶ در آمین نیز عملی شد. در روم در سال ۱۴۵۲ به سنگفرش کوچه‌ها اقدام شد و فرش کردن کوچه‌ها با مصالح دیگر را غیر بهداشتی می‌پنداشتند.

ایجاد شبکهٔ فاضلاب به‌آهستگی رواج می‌یافت زیرا چنین کاری مستلزم داشتن قدرت مالی و مصالح فراوان بود. در این کار معمولاً از جریانهایی از آب که درون شهر می‌گذشتند بهره‌گیری می‌شد و کوچه‌ها را نسبت به آن جریانها شیب می‌دادند تا آب آنها نیز وارد این شبکه شود. در آمین در سال ۱۴۵۹ رودخانه شهر را که همهٔ فاضلابها در آن می‌ریخت، لایروبی کردند. مسیر نهر سوزون[3] در دیژون را در سالهای ۱۳۵۹ تا ۱۴۰۴ تصحیح کردند و در جاهایی آن را سرپوشیدند. در سال ۱۴۵۰ این نهر بوسیلهٔ ژان دوموسترِه[4] مباشر کارهای فیلیپ لوبون[5] لایروبی شد. متذکر می‌شویم که در زمان تجدید ساختمان لوهاور در سال ۱۵۴۱ بلارماتو یک شبکهٔ فاضلاب سراسری را پیش‌بینی کرده بود. در برنامهٔ بهسازی شهرها، موضوع پاکسازی شهر هم ملحوظ بود. شهرهای تورنه، والنسیا، سن اومرولیل سازمانهای جاروکشی تشکیل دادند که بعدها دیژون در سال ۱۴۴۳ و آمین در سال ۱۴۶۲ از آنها تقلید کردند.

ترس از آتش‌سوزی در این شهرها بسیار قوی بود، زیرا تقریباً همهٔ خانه‌ها چوبی بودند. وسایل مبارزه با آتش‌سوزی بسیار محدود بود و بهترین وسیله این بود که تا حد امکان از وقوع آن پیشگیری شود. سقفهای حصیری، مثلاً در ابه‌ویل در سال ۱۴۶۶ و دیژون، در سال ۱۵۲۴ ممنوع اعلام

---

۱. Albi یا آلبیگا، مرکز ولایت تارن در جنوب فرانسه.

۲. Gentilly دهستانی در ناحیه والدـمارن، کنار نهر بیور نزدیکی پاریس.

3. Suzon 4. Jehan de Mousterret

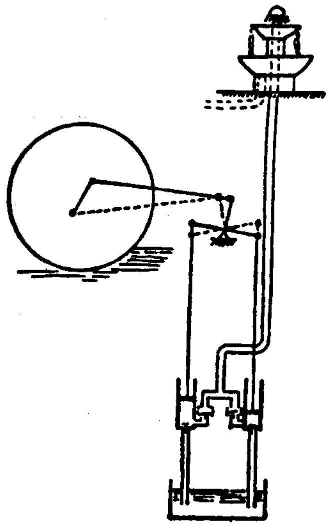
۵. Ph. Le Bon (۱۳۹۶ـ۱۴۶۷) دوک بورگونی و کنت فلاندر، سلطان هلند.

شد. روشن‌سازی معابر در تمام شهرهای اروپا محدود و تصادفی بود.

مسألهٔ آب آشامیدنی از مسائل عمده‌ای بود که یافتن راهی برای حل آن بسیار دشوار می‌نمود. بیدرنگ بیافزاییم که با وجود پیشرفت انکارناپذیر مکانیک، که بویژه در رواج زیاد تلمبه‌های تنفسی و فشاری، که در معدنها زیاد به‌کار می‌رفتند، کار تأمین آب آشامیدنی برای مجتمعهای بزرگ شهری پیشرفت مختصری داشته است. علت آن بود که مشکلات عدیده‌ای در کار بود. تنها لازم نبود که در مجاری آب، آبی کم و بیش خالص جاری ساخت، بلکه مسألهٔ توزیع آب نیز وجود داشت و روشهای کانال‌کشی همچنین روشهای اندازه‌گیری مقدار آب، که از نظر اقتصادی ضرور است برابر تکنیکهای دیگر پیشرفت نداشت. طبیعی است که نخست به ترمیم و بهسازی آنچه که وجود داشت فکر کنند. تصادفی نیست که یکی از اولین کتابهای لاتینی که پیش از شروع سدهٔ شانزدهم چاپ شد، نوشتهٔ سکستوس یولیوس فرونتینوس است، که مؤلف پرآوازهٔ کتابی است که در مورد آکدوک روم نوشته شده است. در میانهٔ سدهٔ پانزدهم از تمام مجاری قدیمی آب، فقط مجرای ویرگو (aque Virgo) هنوز کمی فعال بود. این مجرا را آلبرتی در سال ۱۴۵۳ تعمیر کرد و منبع معروف تروی[1] در همین اوان ساخته شد. اما در پایان سدهٔ شانزدهم بود که دو آکدوک جدید مجرای فلیچه[2] و مجرای پائولا[3] ساخته شد. مجرای ویرگو زمانی‌که تعمیر شده بود در روز حدود ۶۳۰۰۰ متر مکعب آب می‌داد. در پاریس هم چنین وضعی وجود داشت. آکدوک بل ویل[4] در سال ۱۴۵۷ مرمت شد و منبع آب جدیدی برای آن ساختند و همچنین دریچه‌های متعددی بر روی این مجرا گذاشته شد تا پیوسته مراقب آن باشند. تا آغاز سدهٔ هفدهم آکدوکهای پره سن‌ژروه[5] و بل‌ویل همهٔ آب شهر پاریس را تأمین می‌کردند. در سال ۱۴۹۹ شهر پاریس فقط دارای دوازده منبع آب و پنج منبع یدکی در خارج از حصار شهر بود. تعداد نوزده سنیور و خانه‌های مذهبی آب اضافی می‌گرفتند. در سال ۱۴۸۱ آکدوک رومیایی سگوویا(شقوبیه)[6] را تعمیر کردند؛ این تعمیر تحت نظر کشیش خوان اسکوبتو[7] انجام گرفت.

مجراهای آب لیژ که از سدهٔ چهاردهم شگفتی بیگانگان را برمی‌انگیخت، منشأ خاصی دارد که آب فراوان می‌دهد و زیاد توزیع می‌شود. این آبها از مجاری زهکشی معادن واقع در تپه‌های اطراف سرچشمه می‌گیرند. کانال ریش‌فونتن[8] در نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم زهکشی شد و به منابع ذخیرهٔ آب، که ساکنان می‌توانستند از آن استفاده کنند، هدایت گردید. در شهر روان در سدهٔ سیزدهم فقط سه منبع آب وجود داشت؛ اما در سدهٔ پانزدهم منبع گالو[9] زهکشی شد و سه منبع جدید را

1. Trevis 2. aqua Felice 3. aqua Paola 4. Belleville 5. Pré-Saint-Gervais
6. Segovia 7. Juan Escobeto 8. Richefontaine 9. Gaalot



شکل ۵۱.طرحی اجمالی از تلمبهٔ نورمبرگ، اواسط سدهٔ پانزدهم (اوتچلی، تصویر ۹).

تأمین کرد. در پایان سدهٔ پانزدهم برای اینکه هر محله از نظر آب تأمین شده باشد، کار سترگی بر عهده گرفته شد. به‌طوری‌که در سال ۱۵۵۰ تعداد بیست و پنج منبع آب در شهر وجود داشت.

در اواخر این دوره دیده می‌شود که تلمبه‌های بزرگی از نوع تنفسی و فشاری به توسط چرخهای هیدرولیکی کار می‌کنند که در سدهٔ بعد وسیلهٔ اصلی آبرسانی هستند. تلمبهٔ تولدو (طلیطله) که تقریباً جای چرخ بالابر قدیم را پر کرده بود در سال ۱۵۲۶ بوسیله یک ایتالیایی به نام دلاتوره[1] کارگذاشته شد و همچنین تلمبهٔ گلاستر[2] در انگلستان در سال ۱۵۴۲ به‌کار انداخته شد. در آلمان تلمبه‌های بزرگ اولیه شامل: تلمبهٔ اوگسبورک (۱۵۴۸) و برمن بودند[3] در شهرهای بسیار بزرگ در دورهٔ بعد تلمبه‌هایی کارگذاشتند که می‌توان از نخستین تلمبهٔ لندن که در سال ۱۵۸۲ بوسیله یک آلمانی به نام پترموریس[4] و تلمبهٔ پاریس، تلمبهٔ نوتردام که در سال ۱۶۰۸ بوسیلهٔ جان لینتلار فلاندری[5] ساخته شدند، نام برد. ریویوس[6] در نظریهٔ خود که دربارهٔ ماشینهای کتسیبیوس[7] در سال ۱۵۴۸ ابراز داشته است، از تلمبه‌هایی گفت‌وگو دارد که با چرخهای هیدرولیکی کار می‌کردند و نیز این نوع

1. Della Torre

۲. Gloucester شهری در مغرب انگلستان، در دورهٔ ساکسونها پایتخت کشور مرشا بود.

۳. Bremen یکی از ایالتهای آلمان غربی، کنار دریای شمال، حدود مصب رود ورز.

4. P. Maurice 5. John Lintlar 6. Rivius

۷. Gtesibius اواخر سدهٔ دوم پیش از میلاد، مخترع یونانی، متولد اسکندریه.

تلمبه‌ها بسیار متداول بودند همهٔ این ماشینها را متنهای دارای صراحت کم به ما شناسانیده‌اند و می‌توان مطمئن بود که لااقل بعضی از این ماشینها، چرخهای بالابر ساده‌ای نبوده‌اند. مانند آنچه که در شهر پول[1] انگلیس کار می‌کرد که چیزی جز یک چرخ آبکش نبود.

مشکلات فنی آبرسانی نیز کم نبود. برای این کار جز لوله‌هایی از خاک پخته چیز دیگری نداشتند؛ این لوله‌ها شکننده وگران بودند وگاهی هم از لوله‌های چوبی استفاده می‌شد که عمر بسیار کوتاهی داشتند. در مورد لوله‌های از خاک پخته چیز زیادی برای گفتن نداریم، و این لوله‌ها از زمان روم باستان تا کنون تغییر نیافته بودند لوله‌های از خاک پخته چیز زیادی برای گفتن نداریم، و این لوله‌ها از زمان روم باستان تا کنون تغییر نیافته بودند لوله‌های چوبی نیز از همان دوران قدیم شناخته شده بودند، اما گسترش امر آبیاری تکنیکهای آن را کمی و در دوران رنسانس بسیار زیاد تغییر داد. این لوله‌ها از سوراخ کردن تنه‌های درختان یا شاخه‌های بزرگ آن به‌دست می‌آمدند. در این مورد، لوله‌های چوبی که پوست آنها برداشته نشده بود ترجیح داده می‌شد زیرا خود پوست، حفاظی برای تنه در برابر پوسیدگی به‌حساب می‌آمد. برای تهیهٔ این نوع لوله‌ها، بیشتر از درختان بلوط، نارون و توسه استفاده می‌شد. دربارهٔ روش سوراخ کردن تنه‌های درخت چند کلمه‌ای گفته‌ایم. لوله‌های چوبی را دو نوع به یکدیگر اتصال می‌دادند: با گشاد کردن دهانه یکی از لوله‌ها، ته لوله دیگر را که کمی لاغرکرده بودند، در آن وارد می‌ساختند، گاهی دهانهٔ گشاد شده را با حلقه‌ای از آهن که به دور آن می‌گذاردند تقویت می‌کردند تا در هنگام اتصال دو لوله نترکد. محل اتصال را برای اطمینان از آب‌بندی، با خزه یا الیاف کنف پر می‌کردند و با چسب سردی که از دنبه گوسفند و خاکه آجر ساخته می‌شد، محکم می‌کردند. روش دیگر این است که حلقه‌های آهنی مخروطی شکلی را درون شکافهایی که برای این منظور ایجاد شده بود، وارد می‌کردند؛ در این صورت لوله‌ها زاویه‌دار نگاهداشته می‌شدند و با ضربه‌های کوبه یکی به‌درون دیگری فرو می‌رفت. زمانی‌که آب از میان لوله‌های چوبی جریان می‌یافت رطوبت چوب آن را متورم می‌ساخت و آب‌بندی کامل می‌شد. انشعاب دادن بسیار دشوار بود و غالباً از دوشاخه‌های ستبر استفاده می‌کردند.

پس از آنکه کوره‌های بلند، چدنهایی تولید کردند که دارای سیلان زیاد بودند و با آنها می‌توانستند قطعات نسبتاً نازک را ریخته‌گری کنند، اندیشهٔ ریخته‌گری لوله‌های چدنی ایجاد شد. نمونه‌های کمیابی از این لوله‌ها وجود دارد که تاریخ آنها زیاد مشخص نیست. لوله‌های سربی با لحیمکاری دو لبه یک ورق سرب، که روی محوری آن را پیچانده بودند، تهیه می‌شد. برای لحیمکاری از هویه و قلع استفاده می‌شد.

1. Poole

شیرسازی عملاً وجود نداشت. مخازن آب، چه شخصی و چه عمومی پیوسته باز بودند؛ مع‌ذلک می‌بایست به نوعی جیره‌بندی دست می‌یافتند. در پاریس در سال ۱۵۲۹ امتیازی در مصرف آب برای هیچ‌کس نبود مگر اینکه فرد مزبور مسؤول «مخزنی باشد که آبش برای کمک به اهالی مجاور در کوچه ریخته می‌شود». بنابراین مخازن آب باید چنان باشند که سرریز آنها در مخازن کوچکتر و عمومی نزدیک به آن انجام گیرد. کمی بعد به اندیشه گذاردن سوپاپ و نوعی شناور بر روی مخازن افتادند تا دخول آب تحت کنترل باشد. دو شیر مفرغی که در لندن در «موزهٔ دانش» نگاهداری می‌شود بین سالهای ۱۵۱۵ ـ ۱۵۳۹ در یک مجرای سربی آب در لندن عمل می‌کردند. این دو شیر کپی دقیق شیرهای رومی هستند. مخروطهای این دو شیر با سنباده یا احتمالاً با دستگاه پرداخت شده‌اند. اندازه‌گیری آب عملاً ممکن نبود. در چند امتیاز معدودی که در این زمان داده شده بود فقط قطر دهانهٔ شیر یا لوله، معین شده است و ابعاد آنها با حلقه‌ای مسین یا نقره‌ای کنترل می‌شد. فشار آب در نقطهٔ اتصال دو لوله را به‌حساب نمی‌آوردند زیرا تصور می‌کردند که حجم آبی که از روزنه‌ای خارج می‌شود، صرفاً متناسب با قطر روزنه است.

ما چند نمونه از مشکلات مربوط به توزیع آب شهر در اختیار داریم. در شهر دیژون در سال ۱۴۴۵ مسألهٔ آبرسانی با لوله‌های چوبی به‌عهدهٔ شخصی به نام پ. بل[1] واگذار شد. این شخص نجار و مخزن‌ساز شایسته‌ای بود. او لوله‌های چوبی را با پیچهای آهنی به یکدیگر متصل ساخت. منابع آب با مصالح بنّایی ساخته شدند. در سال ۱۵۰۹ سراسر شبکه می‌بایست تعویض می‌شد و لوله‌های سربی به‌جای چوبی گذاشته شد.

حمل و نقل

تردیدی نیست که در دوران مورد بحث ما، تراکم حمل و نقل کالا و مسافرین بسیار زیادتر شده بود. از یکسو استقرار صلح در اواسط سدهٔ پانزدهم منجر به گسترش انکارناپذیر روابط بازرگانی شده بود، و البته تشکیل سلطان‌نشینهای بزرگ و متمرکز نیز به‌این‌امر یاری می‌رسانید و از سوی دیگر، کشف جهان نوین مستلزم آمد و شدی بود که در گذشته سابقه نداشت، آمد و شدی که مقیاس و دوری آن تا آن زمان ناشناخته بود.

انقلاب صنعتی، که مختصری دربارهٔ آن گفته‌ایم و اهمیتش را متذکر شده‌ایم، در زمینهٔ وسایل حمل و نقل زمینی و دریایی، از پایان سدهٔ چهاردهم و در سراسر سدهٔ پانزدهم بر روی رشد مقدار حمل و نقل منطقاً تأثیر داشته است.

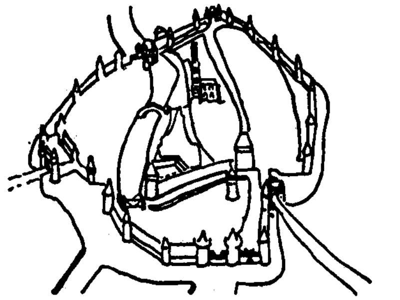
1. P. Bell

این مجموعهٔ پدیده‌ها می‌بایست تحولی موازی با خود در زمینهٔ راهها و وسایل ارتباطی برانگیخته باشند. برای اینکه گسترش بازرگانی آبی آسان شود می‌بایست تأسیسات بندری، بهتر و کاملتر گردند. در پاسخ به افزایش آمد و شد، و تا حدی در پرتو شرایط نوین سیاسی و نظامی، شبکه‌های راهها و نیز نگهداری از آنها می‌بایست به‌طور قابل توجهی افزایش یابند. بالاخره باید گفت که برای نخستین بار، اندیشهٔ ایجاد سیستمی از آبراههای بسیار مرتبط‌تر و کاملتر، در مقیاس بسیار بزرگتری نضج گرفت.

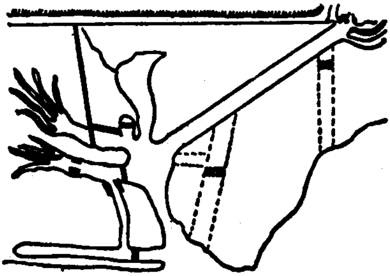
تأسیسات بندری: اقیانوس‌پیمایی و مسألهٔ بالا رفتن ظرفیت کشتیها ناچار منجر به تغییر شکل تأسیسات بندری و یا لااقل تحول آنها در جهت پیشرفت بود. افزایش جنگهای دریایی نیز به این حرکت یاری رساند.

مشکلات دیرپای، بویژه مشکل بسیار پیچیده لای‌گرفتگی باقی بودند. از میانهٔ سدهٔ چهاردهم تا میانهٔ سدهٔ پانزدهم بندر بروژ بتدریج مرد. ساکنان این بندر از همه آبهای آشامیدنی برای بیرون راندن لای و لجن آن کمک گرفتند لیکن هیچ‌چیز یاری رویارویی با این لای‌گرفتگی پیوسته و سریع را نداشت. در سال ۱۵۴۴ اتحادیهٔ کشتیهای هانزا به‌طور قطع از این بندر چشم پوشید. در سال ۱۵۶۴ ساکنان بروژ در یک تلاش نهائی کانال جدیدی از بروژ تا دامه[۱] ایجاد کردند، اما در سال ۱۵۲۷ هلندیها آن را با شن پر ساختند و بدین ترتیب مرگ این بندر قرون وسطایی، یکی از بزرگترین بنادر اروپای غربی را اعلام کردند. در آرفلور[۲] نیز پیشرفت شنهای دریایی خطرناک بود. در فاصلهٔ زمانی سالهای ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۸ بر نهر لزارد[۳] دریچه‌ای گذاشتند تا اینکه دریاچه‌ای برای صید ماهی ایجاد کنند. بندرگران‌ویل[۴] در سال ۱۴۳۷ دژسازی شد. کمی پس از آن، دریاسالار کوتیوی[5] دیواری در کنار آن برپا کرد که در هر انتهای آن یک برج و یک آسیا ساخته شده بود که منظور از آن هم ایجاد دریاچه‌ای برای ماهیگیری بود. در سال ۱۴۷۵ پورت آن بسن[۶] تعمیر شد و با ساختن دو اسکلهٔ رودررو که پلی آنها را به یکدیگر مرتبط می‌ساخت و دو حوضه به‌وجود می‌آمد، عمق آب بندر تنظیم گردید. در دیوارهای قوسی، کشوهایی گذاشته شد که دریچه‌هایی در آنها بالا و پایین می‌رفت. از این مخزن آب هم برای ماهیگیری استفاده می‌شد.

۱. Damme بندری شنی در بلانکنبرک در ایالت فلاندر غربی، بلژیک.
۲. Harfleur بندری در کنار دریای مانش در مصب رودخانهٔ سن.
۳. Lezarde در برتانی فرانسه.
۴. Granville بندری در مشرق نورماندی، فرانسه، کنار دریای مانش.
5. Coetivy
۶. Port-en-Bessin بندری کنار دریای مانش در ایالت بایو.



شکل۵۲.طرحی اجمالی از پیش بندر آرفلور، سدهٔ پانزدهم
(Herubel, L'homme et La Côte)



شکل۵۳.طرحی اجمالی از تأسیسات آرفلور، پایان سدهٔ پانزدهم،
(Herubel, L'homme et La Côte)

لایروبی بندرها کار بسیار ظریفی بود. همهٔ جوانب باید در نظرگرفته می‌شد: بند موقت (برای خشکانیدن منطقه)، «سمورهای آبی» ماهیگیری، دریچه‌ها، لایروبی، پاکسازی، با بیلچه و کلنگ و حتی فرش کردن و یا تخته‌کوبی کف بندر. زمانی به‌ناچار در آرفلور رودخانه را برگردانیدند و بندر را با بیلچه و فرغون یا چرخ دستی پاک ساختند. با این همه این بندر در سالهای ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۴۴۳ و ۱۴۴۶ قابل استفاده نبود و لازم بود در خور لنگر بیاندازند. پیش بندر آرفلور از سال ۱۴۷۶ آماده شد. این خلیج کوچک با اصطلاح «اسپانیایی» دو تورفتگی و دو پیشامدگی سنگی داشت که یک زمین باتلاقی به نام اومه[1] آنها را از یکدیگر جدا ساخته بود. نهر لزارد را از همان نقطه خروجش ازکلو دوگاله[2] منحرف کردند و بوسیله یک خندق پرچین‌دار، که در زمین ماسه‌ای و لجنی حفرکرده بودند و بیش از سه کیلومتر طول داشت، به خلیج اسپانیایی رسانیدند. از یکسوی این خلیج جریان آب ماسه‌ها را به‌خارج می‌راند و ازسوی دیگر آن، کانال که با دریا مرتبط بود سبب رفت و برگشت جزر و مد (کشند) آب دریا به خلیج می‌شد. پلی چوبی کناره‌های پیشامدگی شمالی را به هم مربوط می‌ساخت و ایجاد بارانداز می‌کرد. راهی ازکنده‌های چوب، آرفلور را از طریق گران‌ویل به آن متصل می‌ساخت. با پیشامدگی جنوبی نیز به‌همین شکل رفتار شده بود. این پیشامدگی بوسیلهٔ کانالی با دریچه‌ای از مصالح بنایی به خندق لور[3] اتصال می‌یافت و یک‌بند موقتی حائل بین دریا و خندق بود. مردابهای اطراف مقدار زیادی آب به خندق تغذیه می‌کردند و خندق به نوعی باراندازکمکی تبدیل شده بود. بدین ترتیب رفته رفته یک سیستم منطقی ایجاد شده بود و لیکن لازم بود که تأسیسات پیشین بکلی برچیده شود و به‌جای آنها نوعی پیش‌بندر

1. Hommet 2. Clos des Galées 3. Leure

ساخته شود.

تجربه‌های به‌دست‌آمده به ساکنان محلی امکان می‌داد که در جاهایی که هیچ‌چیز هم نبود بندر بسازند. طرح بندر لوهاور دوگراس[1] که در یک پیشامدگی سنگی قرار داشت و کاملاً مجهز شده بود در سال ۱۵۱۷ شروع شد. این پیشامدگی در طرف جنوب خود معبری داشت که مردمان محل تعمداً آن را بسته بودند و معبر جدیدی در زاویه‌ای که ساحل ایجاد کرده بود ساخته شد. کانالی به طول ۷ کیلومتر می‌بایست کف بندر را به آرفلور متصل سازد. این طرح در سدهٔ بعد بوسیلهٔ ووبان عملی گشت. در این طرح دو اسکله و دو بارانداز، که به برجهایی منتها می‌شدند پیش‌بینی شده بود و همهٔ آنها با مصالح بنّایی ساخته شد. برج مربوط به بارانداز جنوبی ساخته نشد. خلیج کوچکی که در دهانه ایجاد شده بود با دریچه‌ای بسته شد و نوعی دریاچهٔ ماهیگیری به‌وجود آمد. سپس پلی بر روی قسمت تنگ این خلیج زده شد (۱۵۲۶)، و پنج دریاچهٔ ماهیگیری اضافی پیش‌بینی شد. بدین ترتیب این به‌اصطلاح «خودنمایی جدید»، علاوه بر باراندازها و سه برج تدافعی، دارای یک پیش‌بندر و یک پس‌بندر بود که شامل خلیج کوچکی موسوم به گراندبار[2] و دو خلیج کوچکتر می‌شد.

باراندازهای سنگی باگروس تور[3] اتصال داشتند. باراندازهای چوبی، ضلع شمالی این «خودنمایی» را تا مدخل خلیج بزرگ دربرگرفته بودند. خودنمایی سدهٔ شانزدهم هنوز به‌حد کمال خود نرسیده بود زیرا در موقع جزر آهسته، خشک می‌شد. شاید بتوان گفت که این ساختمان نوعی مدخل برای حوضچه باشد. بنادر زیاد دیگری در حالت یک پلاژ ساده باقی مانده بودند؛ مثلاً بندر سن مالو[4]، که روی سنگپوزی بنا شد که در پلاژ بزرگی قرار داشت و به‌هنگام مدهای زیاد کاملاً زیر آب می‌رفت و رود کوچکی به نام روتووان[5] از میان آن می‌گذشت. در سال ۱۵۰۹ شهر با گذرگاه سییون[6] به راس ساحل اتصال یافت و بدین‌ترتیب بخشی از پلاژ محاصره شد.

در مدیترانه، مشکلات از نوع دیگری بود زیرا جزر و مدی وجود نداشت و سواحل آن غالباً سنگی بودند. بیشتر اوقات کافی بود سد بزرگی بسازند تا یک تأسیسات ساحلی کاملی به‌وجود آید. بنابراین بندرهای مدیترانه بواسطهٔ موجشکنهای بزرگ خود مشخص می‌شوند و طوفان تنها خطر برای آنها بود. تأسیسات اولیه بندری ناپل بواسطهٔ طوفان شدید سال ۱۳۴۳ دقیقاً درهم شکست.

---

1. Le Haure de Grâce 2. Grande-Barre 3. Grosse Tour

۴. Saint-Malo در برتانی، شمال غربی فرانسه.

5. Routhouan 6. Sillon

در آن زمان ملکه ناپل جووانا[1] دوم تصمیم گرفت در فضای بین موجشکن و بندرکوچک، حوضچه تازه‌ای بسازد؛ و در سال ۱۴۴۷ آلفونسوی اول آرگون، موجشکن بزرگ را سراپا نوسازی کرد و این موجشکن در سال ۱۴۹۵ ادامه داده شد و یک فانوس دریایی بر آن افزوده گردید. در پالرمو در سال ۱۵۴۱، و در لیورنو[2] در همان زمان، درکاتانیا[3] در سال ۱۴۳۸ همین طرحها پیاده شدند تا حوضچه‌هایی برای لنگر انداختن کشتیهای تجارتی بزرگ ایجاد گردد. ما از اینکه بنادر اسپانیا پس از کشف امریکا چگونه تأسیسات خود را توسعه دادند، اطلاع چندانی نداریم. تنها توجه می‌دهیم که بعضی از آنها به‌طور طبیعی دارای تسهیلاتی بودند که برای آمادگی در برابر رفت‌وآمدهای زیاد کشتیها نیازی به کارهای اضافی نبود. از جمله این بنادر می‌توان از کادیث[4] نام برد.

با این همه مسألهٔ توسعه برای چند بندر مدیترانه وجود داشت. مثلاً بندر مارسی یکی از بزرگترین مشکلات شهر مارسی بود. مقامات شهرداری هر نوع پیشنهادی را که از طرف هوشمندان دارای هر ملیتی ارائه می‌شد با خوشرویی می‌پذیرفتند و مورد بررسی قرار می‌دادند و در صورت تصویب آن را اجرا می‌کردند، در سال ۱۴۱۳ اعضای مجمع شهر، طرح آزمایشی یک شهروند جنوایی را که ماشین تازه‌ای برای توسعه بندر پیشنهاد می‌کرد پذیرفتند. این ماشین در آزمایش رضایت‌بخش نبود و قرارداد پس از یک ماه باطل شد. ماشینهای مورد استفاده درکار بندرسازی بسیار ناشناخته مانده‌اند. بی‌شبهه نوعی چرخ بزرگ عمودی دارای کاسه‌ها در کار بود که روی یک پانتون (کشتی زندان) نصب می‌شد و لای و لجن بوسیله کاسه‌ها بالا می‌آمد و آن‌طرفتر ریخته می‌شد. بازده کار هرگز کافی و خوب نبود. بنابراین پیوسته روبه‌جانب مخترعان و چشم امید به آنان دوخته شده بود.

راهها و پلها: فنون راه‌سازی دستخوش تغییرات مهمی نگردید. حداکثر می‌توان بر تسهیلاتی انگشت گذارد که سازمان یک دولت متمرکز برای توسعه شبکهٔ راهها ایجاد می‌کند. اطلاعات ما در مورد وضع راهها در آن دوران بسیار گسیخته و درهم است، و ما هنوز به بررسی وضع راهها در قرون وسطی و دوران رنسانس بسختی نیازمندیم. بر پایهٔ اطلاعات کمی که در اختیار ماست، می‌توانیم از دلبستگی پادشاهان به‌این‌امر، حداقل در فرانسه آگاه شویم. در بوس[5] در سال ۱۴۷۵ بزرگراه سنگفرش شده‌ای بین شهرهای شارتر و بلوا[6] در حال ساختمان بوده است. لویی یازدهم به نگهداری

۱. Giovanna ۱۳۷۱ـ۱۴۳۵ که از ۱۴۱۴ ملکه ناپل شد.

۲. Livorno بندر ایتالیایی در توسکان.

۳. Catania بندر ایتالیایی در ساحل شرقی سیسیل.

۴. Cadiz بندری درکنار دریای اطلس در ولایت آندلس اسپانیا.

۵. Beauce ناحیه‌ای هموار در جنوب غربی پاریس.

۶. Blois مرکز ولایت لوارـاـشر در فرانسه مرکزی، کنار رود لوار.

و مرمت «راههای عریض و سنگفرش شده» بین اورلئان و سرکوت[1]، «راههایی که بسیار زیبا و جالب هستند» علاقهٔ شدید نشان می‌داد و نگران بود که ساکنان کنار رودخانه به‌این‌راه عمومی تجاوز بکنند. از این دو نمونه به دو واقعیت توجه می‌دهیم که حتی در سدهٔ پیش از آن هم شناخته شده بود: «دفاع از راههای عمومی در برابر تجاوز ساکنان کنار رودخانه و تأمین مناسب بودن راه برای عبور کالسکه‌ها با سنگفرش کردن آن. زمانی‌که شارل چهارم فرمان داد که دو طرف جاده‌ها را تا مسافتی از بوته‌های خودروی پاک نگاهدارند همین اندیشه را داشته است؛ زیرا گیاهان نیز گاهی به‌اندازهٔ اشخاص برای راهها خطرناک بودند.

با این همه ما با نمونه‌هایی از تکنیک جدید روبه‌رو هستیم که پیشرفت داشته‌اند. یک آلمانی دومینیکی ساکن اولم در کتابی که مربوط به زیارت او از ارض مقدس در سالهای ۱۴۸۰ ـ ۱۴۸۴ است درباره چند راه سخن می‌گوید. در این کتاب ما برای نخستین‌بار در مورد استفاده از مینها جهت شکستن سنگها برای ساختن راهی در تیرول[2] نزدیکی بولتسانو[3] آگاه می‌شویم؛ این راه زیر نظر سیگیسموند لوریش[4] ساخته می‌شد. تونل مون ـ ویزو[5] که می‌بایست دو فینه را به قلمرو مارکی سالوس[6] متصل سازد بنا بر تمایل رسمی لویی یازدهم ساخته می‌شد. این پادشاه به پارلمان گرنوبل، که مسؤول انجام این کار بود نوشت که مایل است این کار «که ثروت هفتگی برای کشور و افتخار بزرگی برای همه شماست که در روزگارتان چنین کار سترگی جامهٔ عمل می‌پوشد»، هرچه زودتر به انجام رسد. بنابراین مردمان آن دوره این طرح نو و جسارت‌انگیز را تاحدی عملی کردند. این تونل از زیر گردنه و در ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا حفر شد. ارتفاع تونل ۲ متر و عرض آن ۲/۵ متر بود، دیوارهای آن منظم بود. به‌علت اشتباهی که در نقشه رخ داده بود، کمی انحنا یافت. این تونل دارای شیبی به طرف ایتالیاست. این کار که در سالهای ۱۴۷۸ و ۱۴۸۰ تحت نظارت مارتینو دوآلبانو[7] و بالداساره آلپیاسکو[8] انجام گرفت، حادثهٔ بزرگی در زمان خود بود.

مع‌ذلک نباید دربارهٔ اهمیت و تراکم آمد و شد آن گزافه گفت. مقدار کالایی که از آن تونل حمل شد حجم نسبتاً کمی داشت. توسعهٔ کشتیرانی در کم کردن این حجم مؤثر بوده است. کشتیها بخش مهمی از رشد مبادله بازرگانی را می‌بلعیدند.

نکات بالا در مورد پلها هم صدق می‌کنند. فن پلسازی نیاز به پیشرفت زیادی نداشت. از

1. Sercotte

۲. Tyrol ایالتی در مغرب اتریش، در دامنهٔ کوههای آلپ.

۳. Bolzano یا به آلمانی بوتسن، شهری در شمال ایتالیا، تیرول جنوبی.

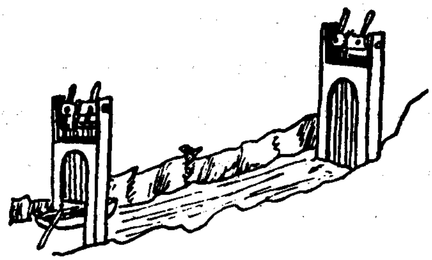
4. Sigismond le Riche 5. Mont-Viso 6. Saluces 7. M. d'Albano 8. Baldassared' Alpiasco

اواسط سدهٔ چهاردهم، پلها منظره گوتیکی، حالت گوژی و خمیدگی زیاد، که از مشخصات پلهای دوران پیش بود، خود را از دست دادند. در قرون وسطی چندتایی پل بزرگ سنگی ساخته شد. بیشتر آنهایی که هنوز هم وجود دارند بر روی جریانهای کوچک زده شده‌اند. برای دهانه‌های بزرگ از پلهای چوبی استفاده می‌شد، در کتابها از این نوع پلها زیاد نام برده می‌شود. از این زمان به بعد فنون پی‌ریزی پایه‌های پل ظاهراً پیشرفت شایانی داشته است تا اینکه ساختن پلهای چندین دهانه بر روی رودخانه‌های نسبتاً پرآب ممکن شده است. پل قدیمی فلورانس به نام وکیو[1] که قوسهای آن حالتی کاملاً جدید دارد در ۱۳۴۵ ساخته شد. پل نوتردام در پاریس در سال ۱۴۱۳ ساخته شد و در سال ۱۴۹۹ بازسازی گردید. این دو پل محققاً گواه پیشرفت قابل توجهی در این زمینه هستند. نمونه تمام شدهٔ دیگری از این دست، پل مستحکم شده ورونا می‌باشد که شاهکاری از ساختمان آجری است که دهانه‌های آن از ۲۴ تا ۴۸٫۷ متر است. ساختن این پل در سال ۱۳۵۴، و زیر نظارت جووانی دا فرارا[2] و جاکومو دا گوزو[3] بود. پل ترتسو[4]، که اکنون خراب شده است، بین سالهای ۱۳۷۰ و ۱۳۷۷ ساخته شده بود، منظرهٔ ساختمانهای گوتیکی را داشته، زیرا دهانهٔ آن به ۷۳ متر می‌رسیده و به این علت هم پرآوازه بوده است. پل پراگ در سال ۱۳۵۷ ساخته شده است و سیمایی بسیار کلاسیک دارد.

در مورد و نحوهٔ ساختمان این پلها، اطلاعات ما بسیار پراکنده است. روشن است که با افزایش دهانهٔ پلها ناچار بودند که پی‌های پل را در آب کار گذارند. بنابراین لازم بود که پی‌های صندوقه‌ای دارای کام و زبانه بسازند و این صندوقه‌ها را با اتصال کام و زبانه روی یکدیگر سوار کنند. این تکنیک در طرحهای مهندسی آن زمان دیده می‌شود. این تکنیک در ساختن بعضی ساختمانهای ملی بزرگ نیز به‌کار رفته‌اند. برای غرق کردن این صندوقه‌ها در آب از تیرکوبهایی استفاده می‌شد که با جراثقال دستی عمل می کردند (فرانچسکو دی جورجو طرحهای متعددی از این وسیله به‌جای گذاشته است). از سوی دیگر آبی را که وارد این صندوقه‌ها می‌شد می‌بایست خالی می‌کردند. در آمین در پایان سدهٔ پانزدهم برای خالی کردن آب از زنجیرهای کاسه‌دار استفاده می‌شد.

اما پلهای موقتی و آنهایی که برای عبور ارتش ساخته می‌شدند بر طبق تکنیک دیگری بود. دفترچه‌های مهندسان این دوره پر از طرحهایی برای ساختن این پلهاست که معمولاً از چوب ساخته می‌شد، طرحهای به‌کار رفته کاملاً اصیل و نبوغ‌آمیز هستند. پلهای چوبی لئوناردو، پلهایی از چوب که عموماً از نوع پلهای پایه خرپایی بودند توجه زیادی را بخود جلب نکرد. با این همه باید متذکر شد که چند پل گردان ساخته شد که با متعدد شدن کانالهای آن مورد استفاده قرارگرفتند. فرانچسکو

1. Vecchio 2. Giovanni da Ferrara 3. Giacomo da Gozo 4. Trezzo



شکل ۵۴.آب‌بندهای بندری با کنترل عمودی (سینگر، دوم، تصویر ۶۲۶).

دی جورجو در طرحهای خود از دژها، نه‌تنها از نوع پل قپانی (پل متحرک) بلکه از نوع پل کشویی صحبت می‌کند که ویوله لو دوک چند اثری از آن را اقتباس کرده است. مع‌ذلک باید توجه داد که در نخستین کتابهایی از این دست، کتابهایی که در پایان سدهٔ چهاردهم نوشته شده‌اند نمونه‌های بسیار شگفت‌انگیزی از پلها به‌چشم می‌خورد: پلهای تاشونده (برای گذر از خندقها)، پلهای پیش ساخته که گیدو دا ویجوانو[1] در سال ۱۳۳۰ طرح آن را داده بود و پل شناور. همهٔ این تکنیکهای نظامی گذر از رودخانه یا خندقها اینک بسیار پیشرفته می‌نمایند.

چنین می‌نماید که در رشته پلسازی در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم کاملاً استاد شده بودند. طرحهای لئوناردو برای قالب‌بندی سقف پلها، تکنیکهای پی‌گذاری پایه‌های پل و همه وسایلی که برای پلسازی در دفاتر مهندسان ذکرشان رفته است بدون تغییر چندانی در سده‌های بعد به‌کار گرفته می‌شدند.

کانالهای کشتیرانی: ما به‌هنگام خود توضیح داده‌ایم که در قرون وسطی در جنوب اروپا برای مبادلهٔ کالا، راههای رودخانه‌ای تا چه اندازه پرارزش بوده‌اند. بزودی به دنبال این اندیشه رفتند که این شبکه ارتباطی را می‌توان با راههای ساخت دست بشر بهتر و کاملتر کرد. لیکن ساخت این کانالهای آبی با دشواریهای فراوان روبه‌رو شد. بعضی از آنها به اشکال وضع زمین برخوردند و لازم آمد از یکسوی زمین را بخوبی تراز کنند، کاری که در آن زمان انجام دادن آن دشوار بود؛ و از سوی دیگر، گذاشتن آب‌بند (اکلوز) برای آنها بود که به‌علت فقدان وسایل لازم تا مدتها اشکال عمده‌ای به‌شمار می‌آمد، علاوه بر اینها، می‌بایست این جریانهای مصنوعی را پیوسته با آب تغذیه کنند. تکنیکهای حفر کانال و آب‌بندی آن هم بنوبهٔ خود کار ساده‌ای نبود. چنین به‌نظر می‌رسد که در همهٔ این زمینه‌ها، رنسانس موفقیتهای خوبی داشته است.

1. Guido da Vigevano

در مورد مواد موجود برای این رشته، اطلاعات ما اندک است؛ با این همه دفاتر یادداشت مهندسان، بویژه دفاتر لئوناردو، عناصر گوناگون و جالبی را به‌دست می‌دهند. به‌نظر می‌رسد که لئوناردو به همه تکنیکهای پلسازی علاقهٔ شدید داشته است. او، زیر راهنمایی استادان خود، در همه کارگاههای فعال دشت پو، برای ساختن کانالهایی هم جهت ایجاد راههای کشتیرانی و هم برای تأمین آب مشروب شهر میلان کار کرده بود. مشکل نخست، حفر کانالهای به‌اندازه کافی عریض و عمیق بود. اما این مشکل گودکنی نبود که توجه مهندس توسکانی، را بخود جلب می‌کرد (به‌نظر می‌رسد که جز بیل و فرغون وسیلهٔ دیگری برای این کار نبود)، بلکه جابه‌جا کردن خاکها بود. طرحهای متعدد او ماشینهایی را به ما ارائه می‌دارد که قفسی شکل هستند؛ این ماشینها می‌توانند خاکها را از نقاط مختلف جمع‌آوری کنند. از تکنیک نگهداری لبه‌های بالا آمدهٔ کانالها و نیز از نحوهٔ آب‌بندی بستر آنها چیز درخوری نمی‌دانیم؛ با تمام اینها ما کشف کردیم که لئوناردو برای حفظ لبه‌های بالا آمده اقدام به درختکاری کرده بود، روشی که بویژه در مورد لبه‌های سدهای خشک کننده عملی می‌شد. امکان دارد که بعضی لبه‌های بالا آمدهٔ کانال را با دمب (صفحاتی از فولاد ویا تخته که آنها را تقویت کرده‌اند و با تیرکوب در زمین فرو می‌برند) نگاه می‌داشتند.

تفسیر آب‌بندهای سدها هنوز برای مورخان دشوار است. گفتیم که آب‌بندها در پایان سدهٔ دوازدهم بر روی کانالی که بروژ را به دریا متصل می‌کرد وجود داشت. مطمئناً نمی‌توانیم طرز کار این آب‌بندها را توضیح دهیم. آیا اینها درهای متحرک بودند یا اینکه دریچه‌های کشویی ساده؟ احتمال می‌رود این پرسش همیشه بدون پاسخ بماند. معذلک چنین می‌نماید که دوک ناحیهٔ بری[1] به نام ژان در سال ۱۳۹۴ بر روی کانالی که نیورت[2] را به اقیانوس مرتبط می‌ساخت، آب‌بندی ساخت. آب‌بند دیگری در همان زمان احتمالاً بر نهر ژوین[3] در کنت‌نشین اتانپ[4] ساخته شد. محتمل است که در نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم سیستم آب‌بند به کمال رسیده باشد. از آن پس از دریچه‌هایی که داخل درب کار گذاشته می‌شد استفاده کردند. فیلیپ ویسکونتی[5] از سال ۱۴۴۰ از این نوع دریچه‌ها استفاده می‌کرد ونیزیها در سال ۱۴۸۱ در پیووگو[6]، آن را به‌کار بردند. آلبرتی این وسیله را در کتاب معماری خود، که گویا در سال ۱۴۵۲ نوشته است شرح می‌دهد. سندی به تاریخ سوم اوت ۱۴۴۷ ثابت می‌کند که از سال ۱۴۳۵ درهای شبیه هم به‌کار می‌رفته‌اند. ولی این

۱. Berry ناحیه‌ای در فرانسه مرکزی، پایتخت تاریخی آن بورژ است.

۲. Niort مرکز ایالت دو سور در فرانسه.

3. Juine

۴. Etampes مرکز ناحیهٔ اسون، نزدیک پاریس.

5. P. Visconti

6. Piovego

وسیله را نمی‌توان صرفاً در نامید (ساختن در اشکالی ندارد) زیرا بستن و بازکردن آن تکنیکی دارد که در نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم کامل شد. در دفترهای یادداشت مهندسان باز نمونه‌های متعددی از شیبهایی می‌بینیم که کشتیها را به کمک قرقره و طناب بالا می‌کشیدند تا آنها را از سطحی به سطح دیگر بالا ببرند.

جملگی این اصلاحات سبب شدند که اندیشه ایجاد شبکهٔ کشتیرانی داخلی کاملتر و مرتبط‌تر نضج یابد. در این زمینه، ایجاد نخستین کار سترگ، تنها پس از گذشت یک سده انجام گرفت، که همان ساخت کانال بریار[1] بود که در زمان هانری چهارم شروع شد.

با این همه در این دوران، کارهای سترگی به‌چشم می‌آیند که از حدود دستکاریهای اولیهٔ راههای آبی طبیعی فراتر رفته است دنباله این اصلاحات رها نشده است. (بعضی کارهایی که در فرانسه شده است ما را به این باور می‌رساند که این اصلاحات در سرلوحهٔ برنامه‌های دولتی جای داشته‌اند). بخصوص، ناظر فعالیتهای جالبی در اطراف رودخانهٔ لوار و شعبات کوچک آن هستیم. در سال ۱۴۶۸ گی فارمو[2] و گیوم بوده[3] مأمور شدند که کار تنظیم جریان آب لوار را که از مدتها پیش شروع شده بود، ادامه دهند تا لای‌گرفتگی و معبرهای خطرناک از بین برده شود و اشکالات و ناراحتیهای ایجاد شده در اثر طغیانهای زیاد و مکرر آب برطرف گردد. در سال ۱۴۸۰ در درهٔ سیس[4]، که هنوز امکان بررسی آنها وجود داشت این طرحها زیر نظارت اشخاص زیر: هاردوان دومایبی[5]، آنتوان دو گال[6]، ژاکوتن لو مرسیه[7]، که هر سه فرانسوی بودند، پیاده شدند. طرح دیگری روی شاخهٔ کوچکی از لوار پیاده شد که منظور از آن ایجاد راهی قابل کشتیرانی برای دسترسی به عقب کشور بود: از اورون[8] به بورژ[9] و از برن[10] برای آوردن چوب به شهر تور، که اقامتگاه مورد علاقه لویی یازدهم بود. رودخانه اخیر در قسمت شاتو-رنو به شهر تور زیر نظارت نیکلا اوبینی[11] قابل کشتیرانی شد. کلن[12] می‌بایست پواتیه را به شبکهٔ رودخانه لوار مرتبط کند. پس از لجن‌کشی و درو کردن نی‌ها، آب‌بندهایی در آنجا گذاشتند. لویی یازدهم از سال ۱۴۶۰ از رودخانه‌های لوار من[13] و سارث[14] که به تازگی قابل کشتیرانی شده بود بازدید کرد. آب بند نواتر[15] در کلن خراب شد و برای تعمیر

1. Briare 2. G. Farmeau 3. G. Baudet 4. Cisse 5. Hardouin de Maillé 6. A.de Galles 7. J. le Mercier 8. Auron

۹. Bourges مرکز ولایت شد، در فرانسه مرکزی.

۱۰. Brenne بخشی باتلاقی از بری.

11. N. d'Aubigny 12. Clain 13. Maine 14. Sarthe 15. Nouâtre

آن از شخصی به نام messire Antoine Martin که گویا ایتالیایی است دعوت به‌عمل آمد.

در زمان شارل هفتم در سال ۱۴۵۵ عمیق‌سازی رودخانهٔ اور[1] بین نوژان و شارتر انجام گرفت: آب‌بندهایی کار گذاشته شد و کانالی برای کشیدن کشتی با طناب ایجاد شد. نهرهایی را به دور اتانپ منحرف کردند تا رودخانه را، در قسمت ژوین و اسون[2] قابل کشتیرانی کند. رودخانه سور بین نیورت و ماران[3] لایروبی شد. در سال ۱۴۶۲ کانال لوسون[4] به دریا را برای آمادگی جهت کشتیرانی عمیق ساختند. کارهای لئوناردو برای اطراف رومورانتن[5] را هم باید در همین جهت بررسی کرد.

فرانسویان تنها ملتی نبودند که این کارهای بزرگ دارای فواید عمومی را، که پیشرفت آنها بدون شک موجب ترقی تکنیک بود به‌عهده گرفته بودند. در دشت پو، کارهایی که صدها سال به آن اشتغال داشتند، ادامه داشت کارهایی که هم کشتیرانی را تسهیل می‌کرد و هم کمک به آبیاری شهرها بود. ما دیده‌ایم که در سدهٔ چهاردهم شاخه رود تیچینو با کانال پاویا تا میلان کشیده شد و تنظیم آب دشت پو از پونته آلبرتو[6] تا پیوستگاه دو رود در لمبرو[7] ادامه یافت. کار بزرگ دیگر مرتبط ساختن معادن سنگ مرمر وربانو[8] بود که سنگ مورد نیاز کارگاههای کاتدرال میلان را تأمین می‌کردند. این مشکل در سال ۱۳۹۵ حل شد، بدین ترتیب که با ایجاد آب‌بندهایی سطح آب را حدود پنج بغل (نه متر) بالا آوردند. برای آبرسانی به این کانال باید چند محل آبگیر را حذف می‌کردند. کار انحراف مسیر مارتزانا از سال ۱۴۵۷ شروع شد. این انحراف که بسیار ابتدائی انجام شده بود به قصد کمک به آب مصرفی در میلان بود. این انحراف آب خود را از رودخانهٔ ادا[9] دریافت می‌داشت. نظارت در این کار با مهندس فرانسوا اسفورتساو برتولا دا ناواته[10] بود. پس از آن برای قابل کشتیرانی ساختن کانال و اجتناب از قایقها در طول دهانهٔ ادا طرحی ریخته شد. بدون شک لئوناردو در این کار، زیر راهنمایی بارتولومئو دلا واله[11] شرکت داشت.

قابل کشتیرانی شدن رودخانهٔ استکنیتس[12] از دریاچهٔ مولن[13] تا لوبک[14]، فاصله‌ای حدود ۳۰ کیلومتر و اختلاف سطحی حدود ۴۰ پا، در اوایل سدهٔ چهاردهم انجام گرفت. کانال دیگری که پس از آن ساخته شد رودخانه الب (البه)[15] را به لونبورگ[16] مرتبط می‌ساخت؛ این کانال برای

1. Eure 2. Essonne

۳. Marans شهری در شارانت‌ـماریتم، در فرانسه.

4. Lucon 5. Romorantin 6. Ponte Alberto 7. Lambro 8. Verbano 9. Adda
10. B. da Navate 11. B. della Valle 12. Stecknitz 13. Mölln 14. Lubeck
15. Elbe 16. Lauenbourg

نخستین‌بار دو حوضهٔ بالتیک و دریای شمال را به یکدیگر پل زد. این کار در سالهای ۱۳۹۱ ـ ۱۳۹۸ عملی شد.

تکنیکهای مورد استفاده در این تأسیسات، از این پس برای همه کارهای بزرگ مورد استفاده قرار گرفتند و تنها چند نوآوری اضافه شد. اگر سدهٔ شانزدهم کارهای بزرگی از این دست را به ما نشان نداده است، سده‌های بعد آنها را جبران کرده‌اند.

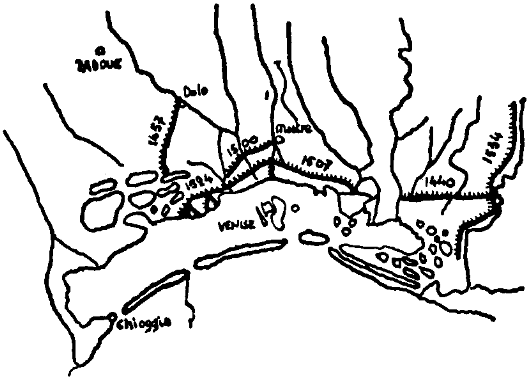
کارهای بزرگ هیدرولیکی

میراث قرون وسطی در زمینهٔ کارهای بزرگ هیدرولیکی اهمیت زیادی دارند. دستاوردهای رنسانس نیز همین اندازه اهمیت دارند. معمولاً از اسناد مانده از لئوناردو در مورد خشک کردن برخی باتلاقها در ایتالیا همگان اطلاع دارند، لیکن از کوششهای مشابهی که تقریباً در همهٔ اروپا، هم در زمینهٔ خشک کردن باتلاقها و هم در امر آبرسانی انجام گرفته است و تعدادی از آنها ثمربخش هم بوده‌اند، کمتر کسی مطلع می‌باشد. در این مورد هم تمرکز سیاسی موجود و هم توجه این دوران به کارهای بزرگ، پشتوانهٔ قابل اعتمادی برای پیشرفت این تکنیکها بود.

خشکسازی: تکنیک خشکسازی بویژه در سواحل، تغییرات عمده‌ای نیافت. چنانچه بتوان نسبت به جریان طبیعی آب مطمئن بود دشواریهای این کار تحمل‌ناپذیر نبود. ایجاد شبکه شطرنجی شکل تنگاتنگ بیش از حد کفایت بود. شروع کار خشکسازی باتلاقهای سور[1] اطراف نیورت پس‌از تاراجهای جنگ صدساله بود که سبب شد در محلهای متعددی پیروزیهای سده‌های پیش را رها کنند، در حقیقت مهندسان به پر کردن چاله‌های ایجاد شده و پاک کردن کانالهای لایروبی شده اکتفا کردند. کانال شاه[2] که در سال ۱۲۸۳ تمام شد آخرین کار بزرگ قرون وسطی بود. لزوم ترمیم خرابیهای جنگ بیش از یک سدهٔ پس از آن احساس شد. از سال ۱۴۰۹ مقام سلطنت به ترمیم این خرابیها علاقه‌مند شد و در بین سالهای ۱۴۳۹ تا ۱۴۴۳ کارهای کوچکی برای فعال کردن شبکهٔ تخلیهٔ آب به انجام رسید. لازم بود منتظر نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم باشیم تا اینکه در سال ۱۵۲۶ مقامات دست به‌کار طرح یک برنامهٔ کلی جهت خشکسازی باتلاقها شوند. در این زمان آشکار گشت که نشستهای آبرفتهای خشک شده، چنانچه حمایت از آبرفتها ادامه یابد، به بالا آمدن قابل توجه کرمها منجر خواهد شد.

کوشش شهرهای ایتالیا در همین دوران همین اندازه در خور توجه است. وانگهی باید دانست که در ایتالیا سنت دیرپایی وجود داشت که صومعه‌هایی در کارهای بزرگ شرکت می‌کردند. در

1. Sévre   2. Le Roi Canal



شکل ۵۵.طرحی اجمالی ازکانالهای شهر ونیز (اوتچلی، تصویر ۲۰).

ایتالیا مسألهٔ تسخیر زمینهای دریا مطرح نبود، بلکه خشکسازی زمینها و حمایت از دره‌های پایینی بود که به فواصل در اثر طغیان رودخانه‌ها زیر آب می‌رفتند. در ابتدای سدهٔ شانزدهم، شهر ونیز برای نظارت بر کانالها و باتلاقها مأمورینی گماشت و شهر ورونا برای رودخانهٔ آدیجه[1] هیأتی را مأمور کرد، و در سال ۱۵۴۹ فلورانس نیز هیأتی را برای نظارت بر رودخانه، پلها و راهها انتصاب نمود. در ونیز مسألهٔ بهسازی همهٔ منطقه باتلاقی بین رودخانه‌های برنتا[2] و پیاوه[3] مطرح بود. می‌بایست دهانه‌های تمام این رودخانه‌ها را، که لجن گرفته می‌شوند و پس از چندی طغیانهای فلاکت‌بار را سبب می‌شوند، تنظیم کرد. در همان احوال می‌بایست قابلیت کشتیرانی همهٔ این رودخانه‌ها را که بندر ونیز را به خارج شهر بسیار غنی اتصال می‌دادند بهتر کرد. این کار همان‌طورکه شکل ۵۵نشان می‌دهد بسیار نفسگیر بود. نخستین بخش کار بین سالهای ۱۴۴۰ ـ ۱۴۶۰ انجام گرفت و دهانه‌های دو رودخانهٔ اصلی را دو برابر کردند. سپس بین سالهای ۱۵۰۰ تا ۱۵۳۰ شبکه‌ای عمود بر خطوط شیب طبیعی ایجاد کردند. حدود سال ۱۴۰۰ بود که معبر فوزینا[4] احداث شد و کشتیها به کمک سطحی مایل و دستگاه جسیمی از قرقره و طناب، که اسبگردی (مانژ) آن را می‌گردانید، از سطحی به سطح دیگر انتقال می‌یافتند. این مکانیسم دو سده بعد جای خود را به آب بند مورانزان[5] داد.

پاپ لئوی دهم در ۱۵۱۴ تصدی کارهای خشکسازی باتلاقهای دشت پو واقع در جنوب روم را به برادر خود جولیانا دو مدیسی[6] واگذاشت. طرح لئوناردو (که اینک در مجموعه ویندسور نگهداری می‌شود)، در همین اوان پیشنهاد شده است. در این طرح لئوناردو به یک کانال بزرگ

1. Adige 2. Brenta 3. Piave 4. Fusina 5. Moranzan 6. G. de Medici

سراسری می‌اندیشید که آن را «فیومه جولیانو» می‌نامید[1]، کانالی که موازی با راه آپیا[2] بوده و در تراچینا[3] به دریا می‌پیوندد، و یک کانال عمودی که در خلیج آستورو[4] به دریا می‌ریزد. این کار غالباً تکرار کارهای رومیان باستانی بود. و بعدها توسط مهندسان هلندی جامهٔ عمل پوشید.

طی دو سدهٔ مورد بررسی در این کتاب، هلندیها روی طرحهای دیرپای دیگری هم کار کرده‌اند. اشتباهاتی در این موارد انجام گرفته است و حادثهٔ مصیبت‌باری که پیش آمد ثابت کرد که بدون یک نقشهٔ کلی نمی‌توان به چنین کارهایی دست یازید. همان‌طورکه زویدرزی[5] در سال ۱۳۰۰ درپی نشست آبرفتها تشکیل شد، نشستی که بخشی از آن با کار مردم خشک گردید، همهٔ ناحیهٔ دوردرخت[6] در سال ۱۴۲۱ به زیر آب رفت: در طی شبهای هجدهم و نوزدهم نوامبر این سال، تعداد ۶۵ روستا را آب گرفت و بیش از ده‌هزار نفر غرق شدند. تمام زمینهای واقع میان برگن اوپ زوم[7] و موردییک[8]، یعنی منطقه‌ای بین مصبهای رودخانه‌های سکلت (اسکو)[9] و موز[10] به زیر آب رفت. در سدهٔ چهاردهم، خاکریزی از آن حمایت می‌کرد اما این حمایت شامل منطقهٔ مجاور آن، دوردرخت نشده بود. گویا آب‌بندکاری رودخانهٔ ماس[11] یکی از علل فاجعه سال ۱۴۲۱ بوده است.

گرچه از سدهٔ دوازدهم به بعد توانستند در برابر پیشرویهای دریا و طغیان رودخانه‌ها حائلهایی قرار دهند، ونیز می‌توانستند بخشی از آبرفتهای زیاد پشت سدها را خشک سازند اما برای تکمیل کارهای گذشته نیاز به تجهیزات زهکشی بسیار نیرومندتری بود. چنین می‌نماید که در آغاز سدهٔ پانزدهم بود که اندیشه کاربرد آسیابهای بادی برای کار کردن پیچهای ساده ارشمیدس پیش کشیده شد. افزایش تعداد مکانهای زهکشی منجر به تسخیر سریعتر و کاملتر زمینهای آب گرفته شد به‌طوری‌که تا آن زمان سابقه نداشت. منطقهٔ بیزبوس[12] که در فاجعه ۱۴۲۱ زیر آب رفته بود بسرعت از آب بیرون آورده شد. همهٔ این ناحیه در بین سالهای ۱۴۳۰ تا ۱۴۶۰ با سدهایی محصور گشت، و از ابتدای سال ۱۴۳۵ نواحی باتلاقی زیاد شدند. طرز کار عبارت بود از اینکه ناحیهٔ مورد نظر برای خشکسازی را با خاکریزهایی احاطه می‌کردند، روی این خاکریزها کانالهای تخلیه ایجاد می‌کردند و در داخل آن مجراهای شطرنجی زهکشی تشکیل می‌دادند. آسیابهای بادی آب را از داخل روی کانالهای محیطی که از سطح آب دریا یا رودخانه بسیار بالاتر بود، می‌ریختند. این روش بعدها نیز رواج داشت.

لزومی به رها کردن تأسیسات حمایتی خاکریزهای نیرومند نبود؛ درکشورهای پایینتر از دریا

1. Fiume Giuliano 2. Appia 3. Terracina 4. Asturo

۵. Zuider Zee خلیج قدیم هلند که با سدی آن را بستند و اینک به یک دریاچه درونی تبدیل شده است.

6. Dordrecht 7. Bergen op zoom 8. Moerdijk 9. Sechelde (Eseaut) 10. Meuse

11. Maas 12. Biesboch

فقط لازم بود کار زهکشی استمرار داشته باشد. کار زهکشی بدون وقفه تا پایان سدهٔ چهاردهم و تمام سدهٔ پانزدهم ادامه داشت. در ناحیهٔ الکمار[۱] در اندیشه ساختن سدهایی بودند اما کار بزرگی انجام نشد و در سال ۱۳۸۸ بود که به ساختن آنها توفیق یافتند. در پایان سدهٔ پانزدهم جزیرهٔ والخرن[۲] که ۴ کیلومتر طول و ۱۰۰ متر عرض داشت برپا گردید. این سد ۴٫۸ متر از بالاترین مد و ۸٫۳ متر از پایینترین جزر بالاتر بود. این سد با چنین قدرت و هیبتی در سال ۱۵۳۰ در اثر یک طوفان قوی درهم شکست، اما بیدرنگ مرمت شد. در فریزیا[۳] سدها پس از نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم ساخته شدند؛ زیرا آنها را یک مهندس اسپانیایی به نام گاسپاردو روبلس[۴] حدود ۱۵۷۰ ساخته است.

استفاده از آسیابها، اندیشهٔ خشکسازی دریاچه‌های داخلی را،که سطح بزرگی از کشور را اشغال کرده بودند مطرح ساخت. این کار می‌بایست اثر تیمی از مهندسان بزرگ باشد که در این دوران متشکل شدند و به این کارها شهرت جهانی دادند. آندریو ویرلینک[5] که در سال ۱۵۷۸ رسالهٔ نخست خود را ویژهٔ این تکنیکها ساخته است (این رساله تا ۱۹۲۰ به چاپ نرسید) قبل از ۱۵۵۰ دست به‌کار شده بود زیرا مسؤول کل سدها را استین برخن، در ۱۵۵۲ می‌نامد. بین سالهای ۱۵۴۲ و ۱۵۴۸ گروه نخست دریاچه‌های داخلی، خشک شدند و برای کشاورزی آمادگی یافتند. این دریاچه‌ها عبارت بودند از: درگ‌میپر[۶]، کرک‌میپر[۷]، کروم‌واتر[۸]، وایت‌گرب[۹]، ریت‌گرب[۱۰] و چند دریاچه دیگر که در بخش شمالی کشور قرار داشتند. آوازهٔ مهندسان هلندی در همه‌جا انعکاس یافت، وکشورهای متعددی برای کارهای مشابه بالا از آنها دعوت کردند. از میان نخستین کارهای هلندیها، می‌توان از خشک کردن دهانه‌های رودخانهٔ ویستول، بین لبینگ و دانتسیک در تیگنهوف[۱۱] در فاصلهٔ زمانی ۱۵۲۸ ـ ۱۵۶۲ نام برد.

آبرسانی: روشهای آبرسانی در همان سطح سده‌های پیش باقی ماندند. مهندسان درپی ایجاد وسایل قویتر نبودند زیرا از این پس آنها از آسیابهای بادی و تلمبه‌های تنفسی و فشاری استفاده می‌کردند. معذلک از تحولاتی آرام در تعدادی از تکنیکها، بویژه آبگیری از سیلاب کوهستانها، کاری که اجرای آن همواره ظرافتکاریهایی دارد، سخن رفته است. برای اینکه به مثالی اکتفا شود می‌گوییم که در کانالهای پیرنه، این اجبار همیشه وجود داشته است که مجاری آبگیری ایجاد شده را از نو

۱. Alkmaar شهری در شمال غربی هلند شمالی.
۲. Walcheren جزیره‌ای در قسمت زیلند دانمارک است که اکنون به قارهٔ اروپا اتصال دارد.
۳. Frisia یا فریسلاند، ایالتی در شمال هلند.
4. G. de Robles 5. A. Vierlingh 6. Dergmeer 7. Kerkmeer 8. Kormwater
9. Weidgreb 10. Rietgreb 11. Tiegenhof

بسازند؛ زیرا در اثر تغییر مسیر سیلابها هرز می‌رفتند، مثلاً کانال ایل[1] که در پایان سدهٔ سیزدهم ساخته شده بود و از رودخانهٔ تت[2] تغذیه می‌گردید، دچار همین سرنوشت شد. حدود سال ۱۵۵۰ بود که دست به‌کار متصل کردن این کانال به رودخانه تت شدند؛ برای این کار می‌خواستند در منطقه‌ای سنگی راهروی زیرزمینی بسازند تا سیلاب نتواند آن را جابه‌جا سازد. لیکن مقدار آب کانالهای کوچک دیگر، پیوسته مستقیماً تغذیه می‌شدند. نکته‌ای که در پایان سدهٔ پانزدهم کاملاً مشخص شد این بود که سدهایی که برای گرفتن آب ایجاد می‌کنند نباید با مصالح بنّایی ساخته شوند زیرا در موارد افزایش آب، موانع خطرناک ایجاد می‌شوند؛ و در فواصل خشکسالی آبادیهای پایین دست رود خسارت می‌بینند. سدهای ساخته شده از سنگ و میخهای بزرگ چوبی مقدار زیادی آب را از درون خود رد می‌کردند.

معذلک بعدها تکنیکهایی که اعراب در سده‌های پیش به‌کار می‌بردند، یعنی سدهای دارای مخزن آب، تکامل قابل توجهی یافت. لئوناردو طرحی برای ایجاد یک حوضهٔ تجمع آب در بالای فلورانس پیشنهاد کرد تا در دورانهای کم‌آبی رود آرنو[3]، آب را به آن نقاط توزیع کنند. با این همه در پایان دوران مورد بحث ما، در اسپانیا بود که کارهای اساسی در جنوب کشور انجام شدند. مخزن‌المنسا[4] (پنتانو المنسا) در سال ۱۵۸۶ وجود داشت اما اینکه این مخزن دقیقاً در چه زمانی ساخته شده است، معلوم نیست. احتمال دارد حدود اواسط این سده ساخته شده باشد. این سد که کاملاً از مصالح بنّایی ساخته شده بود ارتفاعش برابر ۲۰٫۶۹ و طولش ۸۹ متر بود. مخزنی مربعی شکل تشکیل شده بود که هر ضلع آن ۱۵۰۰ متر بود. این مخزن اکنون تقریباً پر از ماسه شده است و عمق آن در گذشته ۸۰ متر بود. مخزن تیبی[5] در ربع سوم سدهٔ شانزدهم ساخته شده‌است. عده‌ای، ساختن آن را به هرارا معمار کاخ اسکوریال[6] نسبت می‌دهند. این مخزن هم از مصالح بنّایی ساخته شده است.

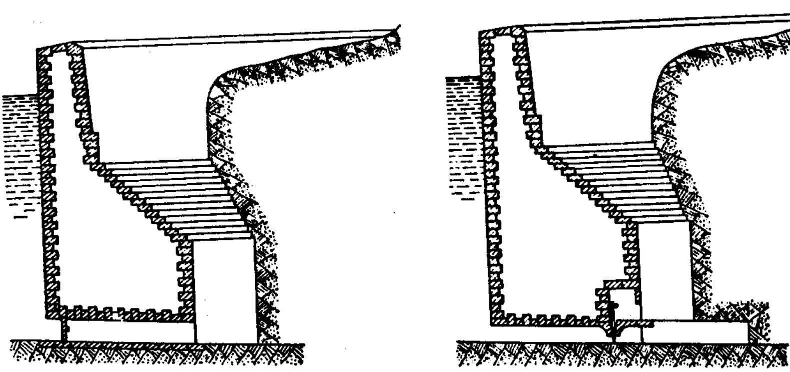
بنابراین دیده می‌شود که رنسانس توانسته است به تکنیکهای سازماندهی مکان، عناصر زیادی بیافزاید. روح زمان، خود در جهت کارهای عام‌المنفعه بود در نتیجه در ایجاد مفهوم نوینی از دولت شرکت داشت؛ مفهومی که از آغاز این سده به بعد پیوسته روبه‌پیشرفت بوده است. پیدایش فکر جوامع بزرگ، که نوعی اندیشهٔ نظام‌پردازی است دربرابر فنون، میدان بسیار وسیعی گشود که به

1. Ille 2. Têt

۳. Arno رودی در شمال قسمت مرکزی ایتالیا.

4. Almansa (pantano d'Almansa) 5. Tibi

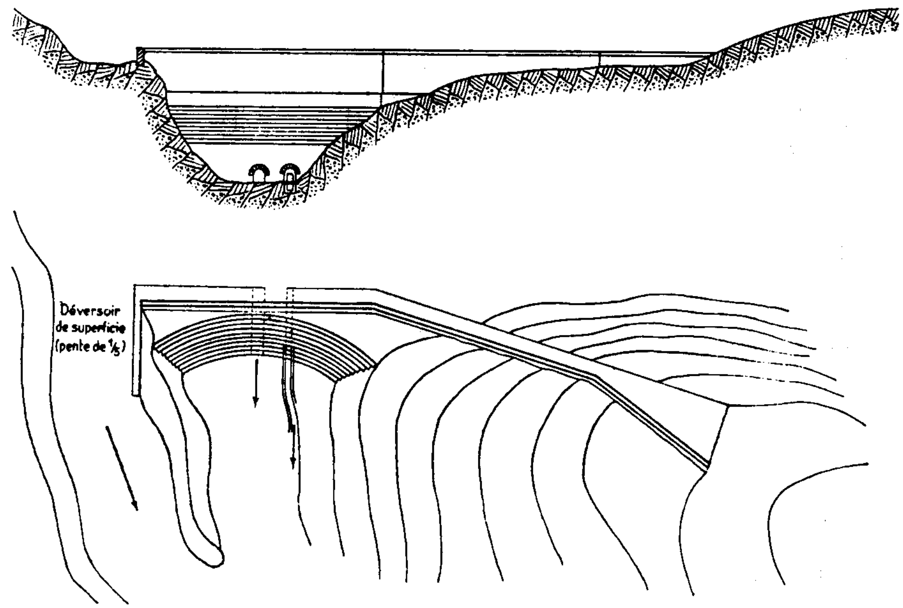
۶. Escurial کاخ و صومعه‌ای نزدیک مادرید؛ آرامگاه پادشاهان اسپانیا.



شکل ۵۶.برشهایی از سدالمنسا (حدود ۱۵۵۰ ـ ۱۵۶۰).

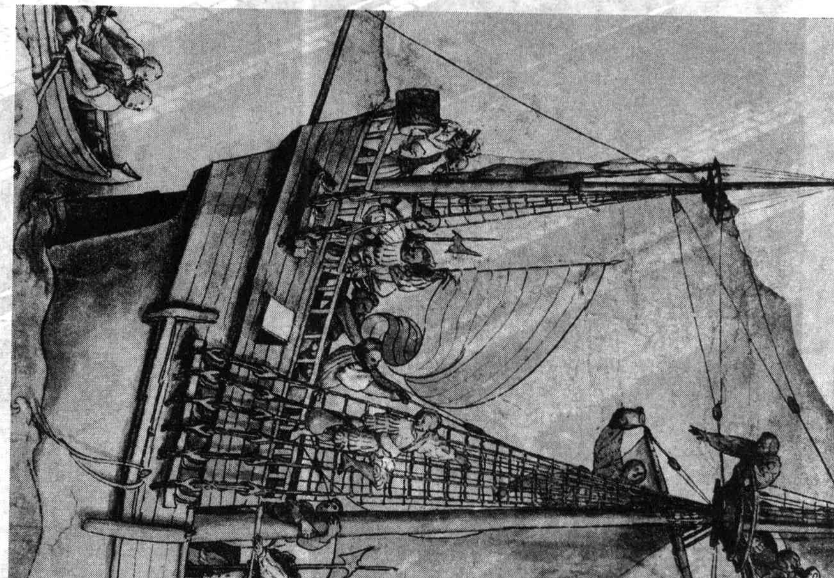
نوآوریها کشش بسیار داشت. پیدایش بورژوازی فعال و بسیار هشیار نسبت به مسائل مادی در سواحل مدیترانه‌ای خاندانهای شاهزادگان روشنفکر و علاقه‌مند به نوعی آثار یادمانی، که گویا ریشه در کشف مجدد تاریخ باستان دارد و گاهی نیز منشأ از چندین نسل مردان کاری، می‌گیرد، به این حرکت کمک فراوانی کرد. ما دیدیم که کار شهرسازی طبق برنامه، در آن شهرهای اروپای شمالی که شهرداریهای آنها سازمان خوبی داشتند پیشرفت فراوان نمود. استقرار سیاستهای اقتصادی و گرفتاریهای وسیع نظامی، در سوق دادن فعالیت قدرتهای ملی بسوی ساختن جهانی سازمان یافته‌تر مؤثر بوده است.

چنانچه قدرتهای سیاسی در راه پیاده کردن نقشه‌های خود به این مردان برجسته که به «مهندسان رنسانس» شهرت یافته‌اند، برخورد نمی‌کردند، همهٔ این پدیده‌ها، که ربطی به تکنیک هم ندارند ثمربخش نبودند. هم این گروه وسیع مهندسان نظامی و هم آن معماران شایسته یا دانشمندان رشته هیدرولیک به این خواست زمان یا به این گرایشهای نوین پاسخ گفته‌اند. آنان به انجام دادن طرحها و ساختن دژها، بناهای بزرگ، سدها یا کانالها اکتفا نکردند. آنان در صدد بودند ـ چون موقعیت مناسب بود ـ که مسائل را در کلیت خود مورد بحث قرار دهند. علت این پدیده که ما این همه یادداشت مهم از لئوناردو دربارهٔ آب‌شستگی بستر رودخانه‌ها در اختیار داریم، همین امر است. این تحقیقات احتمالاً او را به ساختن مدلهای آزمایشی سوق داده است، مدلهایی با کف چوبی و ماسه‌ای، برای اینکه حتی‌المقدور بتواند همه موارد ممکن را مورد بررسی قرار دهد؛ همان کاری که هیدرولیک‌دانان امروزی ما انجام می‌دهند. بنابراین به پشتوانه این کارها و نیز تحقیقات انجام گرفته نوعی گسترش تکنیک، فراتر از یک مورد خاص به‌وجود آمده بود. در این حیطه و پرسپکتیو

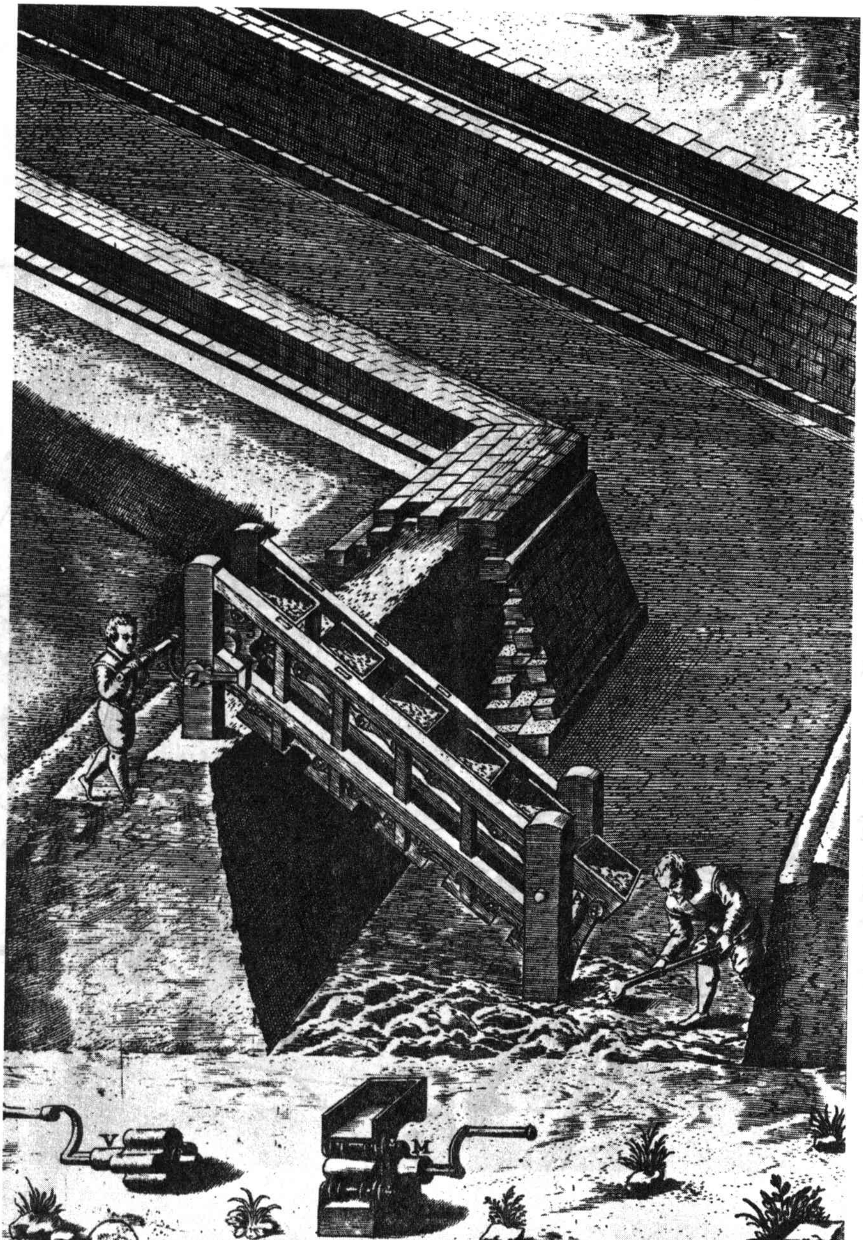


شکل ۵۷.تصویر قائم سدالمنسا (حدود ۱۵۵۰ ـ ۱۵۶۰).

بود که تکنیکهای دورهٔ رنسانس با گشودن راههای وسیعتر از مرحلهٔ موارد منفرد، و حتی گاهی از هدفهای خود فراتر رفتند. تکنولوژی رنسانس بیشتر غم مسائل نظری را داشت و به دانش که هنوز در جست‌وجوی روشهای کار خود بود یاری می‌رساند.



تابلوی ۹. کشتی اقیانوس‌پیمای سه دکلی برای حرکت آماده می‌شود.



تابلوی ۱۰. ماشین آبکشی کاسه‌ای.

نتیجه‌گیری

تحول تمدن صنعتی

در این قسمت ما مسائلی را که در آغاز این تاریخ صنعت در دورهٔ رنسانس بررسی کرده‌ایم، بار دیگر مرور می‌کنم. تکنیکها با تغییر مسیر کلی تمدن کاملاً هماهنگ بوده‌اند، این تغییر تظاهر بارز خود را در اصالت رنسانس داشته است. بین پایان سدهٔ چهاردهم تا میانهٔ سدهٔ شانزدهم تکنولوژی توانست مقامی را احراز کند که در گذشته فاقد آن بود. این مقام با یک ردیف واقعیات که ممکن است از این دریچه تابه‌حال به‌طور کافی بررسی نشده‌اند، مشخص شود. نخستین واقعیت، که یکی از معنادارترین آنها هم هست، ورود دانش فنی در بدنهٔ دانش است؛ این امر باعث شد که بین تکنولوژی و علم روابط متقابل انکارناپذیری ایجاد شود، که پدیدهٔ بسیار مهمی است که از زمان ارشمیدس ریشه می‌گیرد. وانگهی، پیشرفت اقتصادی نیز مانند الزامات نظامی به قرار گرفتن تکنولوژی در ردیف مسائل سیاسی بزرگ یاری داد. درحقیقت این ورود دوبارهٔ تکنولوژی در مهمترین مقام زندگی ملت بود. این اهمیت تحول تکنیک بر مسائل اجتماعی بدون تأثیر نبوده است، گرچه این سرآغاز تأثیر است که در سده‌های بعد پیوسته فزونتر می‌شود.

تکنولوژی و تفکر علمی

روابط متقابل تکنولوژی و تفکر هنوز مبهم است. حل این مسأله چنان دشوار است که ما تذکر داده‌ایم که دانشمندان و فن‌شناسان یک چهره دارند. اگر به‌نظر می‌رسد که پیشرفت تکنولوژی تاکنون در پیشرفت دانش بی‌تأثیر بوده است، فهم این نکته نیز دشوار می‌شود که تفکر علمی تا چه اندازه توانسته است در حل مسائل فنی کمک کند. هر دو نظر دارای پشتیبانانی هستند بدون اینکه هیچ استدلال قطعی داشته باشند.

ریاضی‌گردانی تکنیک: شکی نیست که ریاضیات وسیله ضروری «هنرهای مکانیکی» است و این که کاربرد واقعی و منحصر به‌فرد ریاضیات همانا مکانیک است، این نظر متفکران قرون وسطی بوده است و این نظر تا زمان دکارت پذیرش عمومی داشته است. لئوناردو داوینچی جمله‌ای دارد که با همان سیطره‌ای که در سدهٔ سیزدهم آن را می‌شد بر زبان راند، در آغاز سدهٔ هفدهم نیز. او می‌نویسد: «مکانیک، بهشت ریاضیات است زیرا در مکانیک است که تحقق خود را می‌بیند.» چیز تازه همانا اهمیت روزافزون ریاضیات بود. باز لئوناردو می‌نویسد: «جایی‌که هیچ دانش ریاضی و یا لااقل دانشی که پایه ریاضی داشته باشد، وجود ندارد، از اطمینان هم در آنجا خبری نیست.» این جمله هم گواهی بر نوع تازه‌ای از تفکر است لئوناردو دانش ریاضی خود را از محافل تکنسین‌ها به‌دست آورده بود: از کارگاه وروکیو، در کارگاههای میلان که هندسه را در آنجا آموخت. لئوناردو با مطالعه در مسائل پرسپکتیو، که آلبرتی مهندس و معمار آنها را مطرح ساخته بود به اطلاعات هندسی خود افزود. لئوناردو از دوستی خود با آلبرتی از باب اینکه او را با کشیش لوکاپاچولی (۱۴۴۵ـ۱۵۱۴) آشنا کرد، سود فراوان بود. این کشیش شاگرد پیرو دلا فرانچسکا بود که با محافل فنی شهر اوربینو روابط نزدیکی داشت و حساب اعداد اصم را به او آموخت. اقدام لئوناردو در فراگرفتن ریاضیات از آن لحاظ جالب است که بخوبی نشان می‌دهد که تکنسین‌ها به ریاضیات به‌چشم وسیله‌ای می‌نگریستند که می‌تواند کار آنها را تکامل بخشد. نقاشان نیز به‌خاطر پرسپکتیو، به ریاضیات دلبستگی داشتند، و این نوعی ورود تکنیک در قلمرو هنر بود. آقای فرانکاستل می‌نویسد که در سراسر این دوران، هنر را از دریچهٔ واقع‌بینی ثبت مجرد و سادهٔ وقایع، نمی‌نگریستند، بلکه آن را همچون نمایش یک تجربه احساس جدید می‌دانستند که نور شناخت نوین علمی بر آن تابیده شده‌است. این تکنسین‌ها به همین‌دلیل از ریاضیات، نه مقیاس سادهٔ واقعیات، بلکه ساختن منطقی جهان را چشم داشتند.

از مبارزهٔ میان هواداران تکنیکهای قدیم و کسانی‌که مراجعه منظمتر به ریاضیات را اندرز

می‌دادند نمونه‌های جالبی در دست است. در طرحی اجمالی از ساختمانی که معماری به‌نام استورناکولو[1] برای دوئومو[2] میلان، در اواخر سدهٔ چهاردهم تهیه کرده است، این امر بخوبی دیده می‌شود. ساختمان این کلیسای جامع سبب مباحثه‌ای بین استادان کهنه‌پرست و مهندسان جوان گردید. بحث بر سر تفسیر و استفاده از هندسه برای ساختن بناها بود. مردان قرون وسطی برای حساب کردن نسبتها، معمولاً از جابه‌جا کردن تصاویر افقی شکلهای هندسی استفاده می‌کردند و نیز با همین روش توضیح می‌دادند که چگونه می‌توان با تخمین نسبتهای سطوح میان اشکال هندسی از تصویر افقی بنا، تصویر قائم آن را دریافت. با طلوع سدهٔ پانزدهم برای برقراری رابطه‌ای میان نظریات ریاضی محض و نقشهٔ بنا، بدون اینکه خود را در چارچوب روابط تجربی محدود کنند، از شکلهای هندسی در روابط عددی استفاده کردند. بدین‌ترتیب بود که فرانکاستل توانست از راسیونالیسم ملموس، تجربی و ناپیوسته به یک نظر عمومی برسد. درحقیقت معماران را، دیگر نمی‌شد سنگتراشانی نامید که برای به‌دست آوردن حجمها از مدلهای افقی استفاده می‌کنند: آنها به مهندسانی تبدیل شده بودند.

از سدهٔ پانزدهم مطمئناً مدارک بیشتری در دست داریم. در دفترچه‌های مهندسان، که از سه‌چهارم سدهٔ پانزدهم مانده است، باید پذیرفت که در این‌باره چیزی وجود ندارد. درکتاب و یا در یادداشتهای سرپایی فرانچسکو دی جورجو، ملاحظات ریاضی بسیار کم است و برای اینکه وارد این مرحله جدید شویم باید در انتظار لئوناردو باشیم. حساب آلگوریتمی او، به عقیدهٔ آقای پ. سرجیسکیوس[3] به‌طورکلی صحیح است و صفحات متعددی وقف محاسبه باستیونها، شبکه لوله‌کشی و دژسازیهای گوناگون است که با استفاده‌از قواعد نوین، آنها را کنترل کرده است. کاملاً روشن است که لئوناردو در عصر خود تنها مهندسی نیست که از ریاضیات استفاده کرده است. می‌توان مطمئن بود که اسلاف بلافصل او، فرانچسکو دی جورجو تا حدودی آن را به‌کار می‌بردند، گرچه چیزی از آن تاکنون دیده نشده است.

آشکار است که این دخول ریاضیات در قلمرو تکنیک، در همان زمان در همه فازهای این تکنیک نبوده است. درواقع، قسمتهایی نیز وجود داشته است که کاربرد ریاضیات در آنها ناممکن بود و یا اینکه پس از مدتی طولانی عملی می‌شد. درکار کشتی‌سازی، به‌عنوان نمونه، می‌دانیم که نخستین اجزاء رقمی راماتیو بیکر[4] انگلیسی در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم به کار برده است و برای اینکه یک نظریهٔ دقیق و برمبنای ریاضی در این‌مورد طرح شود، باید منتظر پایان سدهٔ هجدهم باشیم. برعکس، در رشته ساختمان و تکنیکهای هیدرولیک، در نخستین فرصت به مقیاس بسیار

1. Stornacolo 2. Duomo 3. P. Sergescus 4. M. Baker

زیاد از ریاضیات استفاده کردند. طرح یک دژ، کانال و یا یک سد را بی‌شبهه نمی‌توان بدون کاربرد ریاضی تهیه کرد و این کاربرد به پیش می‌رفت. در مواردی حتی از بی‌اطلاعی تکنسین‌ها از ریاضیات شکایت شده است. در سال ۱۵۳۴ مجلس سنای ونیز از تعداد ناخدایان کم سواد متأسف بوده است، این ناخدایان علاقه‌مند بودند که «گذاردن قطب‌نما را روی نقشه بیاموزند تا اینکه راه طی شده را بتوانند تخمین بزنند و مدت زمانی را که به انحراف رفته‌اند، اندازه بگیرند و سواحل را بشناسند چیزی که دانستن آن برای هر ناخدا مهم است.» این مذمت را می‌توان به تکنسین‌های بسیاری روا داشت، اما باید تذکر داد که در ربع پایانی سدهٔ پانزدهم و اوایل سدهٔ شانزدهم تحولی قطعی در این وضع ایجاد شد.

تکنسین‌ها و فیزیکدانان: اگر برخی ملاحظات تکنسین‌ها به کسانی‌که شیفتهٔ فیزیک بودند، کمک کرده است تا مسائل را از دریچه دیگری مورد بررسی قرار دهند، روشن است که این امر دلیل وجود رابطه ناگزیری بین این دو رشته نیست و اگر بگوییم که نخستین تمجمجات فیزیک مدرن از تکنیک نشأت گرفته است، حرفی به گزاف گفته‌ایم. در اینکه کنجکاوی علمی معماران، هیدرولیک‌دانان، توپچیان این راه را بازکرده است و اینکه این گروهها نخستین کسانی بودند که دلمشغولی‌های تازه را احساس کردند هیچ تردید نمی‌توان داشت، اما بی‌درنگ باید بگوییم که همهٔ این مسائل مورد بررسی مردانی قرارگرفت که به‌اصطلاح پشت میزنشین بودند و هرگزکار صنعتی نداشته‌اند و این کار دانش را از مرزی که در پایان سدهٔ پانزدهم داشت بسیار فراتر برد. ساختمان دانش بی‌شبهه برپایهٔ سیستمی از منطق است که ربطی به سیستم صنعتی صرف ندارد.

دانش نظری، علی‌رغم اهمیتی که دارد (لااقل برای بعضی از تکنیکها) به‌طورکلی مقوله‌ای شفاهی و تجربی است. گویا علت اینکه ما یادداشتی از پیشینیان لئوناردو نداریم، پیشینیانی که برخلاف نوشتهٔ آقای دوما، آنقدرها هم از این‌نظر «تهیدست» نبوده‌اند، درحالی‌که از یک ربع قرن پس از آن یادداشتهایی مانده است که برای نویسندگان آن آوازهٔ متفکران بزرگ فلورانس را به‌بار آورد همین است، و این امر در زمانی صورت گرفت که آنها بیشتر مردان نظر و اندیشه بودند تا مهندس به معنای دقیق کلمه. با این‌همه نباید از یاد برد که تاکولا عنوان ارشمیدس سینا را داشت و شهرت او به دانشمندی، به کنجکاوی علمی لااقل به همان اندازهٔ مهارت او در دژسازی وسیع بوده است. فرانچسکو دی جورجو بدون تردید مرد بسیار فرهیخته‌ای بود و ورود او به رشتهٔ شهرسازی، که در آن به‌اندازهٔ لئوناردو، لوکاپاچولی شهرت دارد، ذهن او را با مسائل نظری آشنا ساخت. چون، احتمالاً همهٔ دفترچه‌های مهندسان سالهای میانی یا ربع سوم سدهٔ پانزدهم را در اختیار نداریم. شاید بتوان

گفت که لئوناردو از پیشینیان بلافصل خود در این زمنیه گامی فراتر نهاده باشد.آن‌طورکه آقای دوما متذکر می‌شود تناقضات فکری او، مثلاً در مفهوم نیرو و وزن و نخستین اندیشه‌های او دربارهٔ انرژی جنبشی (سینتیک)، بخوبی یک روحیهٔ همیشه آماده برای یادگیری را نشان می‌دهد که دیگر به آموزشهای قرون وسطایی خود خرسند نیست. لئوناردو پدیده‌های ضربه و برخورد، مسائل استاتیک (مرکز گرانش، اجسام سنگین که به دور محوری می‌گردند و بر سطح شیبدار حرکت می‌کنند، ترکیب نیروها) را مورد مطالعه قرار داد. مبحث بالیستیک نظر او را بخود جلب کرده بود و بیش از هرچیز به مسائل هیدرولیک علاقه داشت. لیکن همهٔ اینها کاملاً جدید نبودند و لئوناردو با جدیت دنبالهٔ کار گذشتگان را گرفته بود. گویا در عالم واقع با گسیختگی کمتری برخورد می‌کنیم تا در نواقص موجود در اطلاعاتمان. اگر تکنیک غالباً با خیزهایی به پیش می‌رود هیچ رشته فعالیتی به اندازه پژوهش پیوسته نیست.

بی‌شبهه، تاریخ دقیقی از بالیستیک به‌طرزی شگفت‌انگیز پیدایش برخی مفاهیم فیزیک کلاسیک را در فاصلهٔ زمانی بین میانهٔ سدهٔ چهاردهم تا میانه شانزدهم نمایش می‌دهد. می‌توان گفت که این علم نه‌تنها به درد تکنسین‌ها، توپچیها: دوانتهای این تاریخ می‌خورد بلکه درنظریه‌پردازی محض نیز نمایندگانی داشته است که از آن جمله می‌توان از ژان بوریدان و از نیکولوتارتاگلیا نام برد. با این‌همه بجاست که، چنانچه اسناد و مدارک موجود کافی باشند، از دستاورد تکنسین‌ها، بویژه فرانچسکو دی جورجو نام ببریم که به‌نظر اولشکی[1]، پایه‌گذار بالیستیک تجربی است. تردیدی نیست که بین کاورزان (پراتیسین‌ها)، که رفته‌رفته به ارزش تجارب مکرر خود آگاهی می‌یابند و ریاضیدانان که در تلاش ترجمه این تجارت به زبان عمومی می‌باشند، بحث و مجادلهٔ ثمربخشی درکار باشد. آقای آلکساندر کواره[2]، چنین می‌نویسد: «اگر «بندتی» چهره بسیار درخشان پیش ازگالیله از سطح دینامیک پاریس گاهی فراتر می‌رود این به‌علت کارهای این مهندس و توپچی نامبردار نیست، بلکه براثر مطالعهٔ او ازکتابهای ارشمیدس است.» اما آیا تنها خود دانشمند مطرح است؟ این توپچی و مهندس، مسائل دقیقی را پیش روی آن دانشمند قرار می‌دهد (تفکیک دو جنبهٔ این مرد بسیار دشوار است)، و امکانات تجربه را در اختیار آنان می‌گذارد.

در آغاز سدهٔ شانزدهم، هنوز دانشمند از مرحلهٔ تعریف مفاهیم تجاوز نکرده بود. لئوناردو هنوز بین دینامیک بوریدان و ارسطو مردد بود، گرچه حتی ادعا شده است که درک او از موضوع بهتر از پیشینیان او می‌باشد. یک استدلال اسکولاستیکی، قاطعیت دارد، لیکن زمانی‌که مردانی ازقبیل فرانچسکو دی جورجو، پس از او بندتی[3]، تعداد فراوانی مشاهدات تجربی رده‌بندی شده را

1. Olschki 2. A. Koyré 3. Benedetti

دراختیار دانشمندان قرار می‌دهند چه کسی می‌تواند یک نظر فراگیر اتخاذ کند. اینک زمان برای تارتاگلیا رسیده است، کسی که پایه‌گذار نظریه بالیستیک می‌باشد. در سال ۱۵۳۷ اوکتاب خود را تحت عنوان *Nova Scientia* انتشار داد و در سال ۱۵۴۶ کتاب دوم را با عنوان: *Recherches et inventions diverses* به چاپ رسانید که بخشی از آن مربوط به توپخانه بود، و رشته‌های گوناگون این تکنیک از قبیل: احتراق باروت، نشانه‌گیری، ریخته‌گری را شامل می‌شد. در سال ۱۵۳۱، در زمانی‌که تارتاگلیا در ورونا می‌زیست، یک نفر توپچی بسیار کارآزموده، در آنجا از وی پرسید که توپ خود را درکجا مستقر کند تا بیشترین برد را داشته باشد. تارتاگلیا پاسخ داد که نتیجه‌گیریهای او برپایهٔ «طبیعت اشیاء و براساس هندسه است.» بدین‌ترتیب گویا او تجربه‌ای را که بدون شک این توپچی مجرب را به همان نتیجه رهبری کرده است درنظر نمی‌گیرد. ما حتی به‌طور مختصر هم نظریه‌های تارتاگلیا را، که محققاً نشاندهندهٔ درجهٔ دانش آن دوران است، تحلیل نمی‌کنیم. آقای پیردو هم نظر تحسین‌انگیزی به آنها ندارد، لیکن مورخان دیگر از آن زمان به بعد نظرات تارتاگلیا را از نو اعتبار بخشیده‌اند. تقیسم مسیر گلوله به سه مرحله انعکاس شناخت عصر است و با واقعیت منطبق نیست. اما اینکه او توانسته است به این کشف که امتداد گلولهٔ توپ منحنی پیوسته‌ای است، نائل شده باشد صحیح است، و نیز اینکه دو قضیهٔ جالب حداقل سرعت و زاویهٔ بیشترین برد از اوست. درکتاب دوم او می‌توان منشأ و یا نظرات مربوط به بالیستیک درونی[1] را یافت. این کتاب از اثر قبلی بسیار عملیتر است. او طول و ابعاد قطعات توپ، وزن باروت را برای رسیدن به حداکثر برد، علل ترکش و نسبتهای گوناگون باروت و غیره را با موفقیت بررسی کرده است. این کتاب مقدماتی از توپخانه به‌دست می‌دهد که از پیشگفتاری که تارتاگلیا درکتاب نخست خود نگاشته است، سرچشمه می‌گیرند. درکتاب نخست او در اندیشهٔ توپخانه بوده است لیکن در نتیجهٔ وحشت از آثار توپخانه، از نگارش کتابی برای تکمیل چنین جنگ‌افزار مرگ‌آوری سرباز زد. آثار تارتاگلیا حدود یک سده مورد بررسی و دقت قرارگرفت. نوشته‌های ریویوس دربارهٔ «توپخانه هندسی»، که در سال ۱۵۴۷ در نورمبرگ انتشار یافت، با اینکه عنوان مطنطن دارد درواقع چیزی جز ترجمهٔ نوشته‌های تارتاگلیا نیست. کتابهای اسپانیایی و انگلیسی متعلق به نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم نیز با الهام مستقیم از این نویسندهٔ ایتالیایی تهیه شده است.

ما از مسائل فیزیکی دیگری که در نتیجهٔ پیشرفت صنعت پدید آمدند، چندان آگاه نیستیم. آشکار است که مطالعات لئوناردو درباره هیدرولیک از اسلاف او شروع شده باشد که طرحهای اجراییشان نماینده دانش نظری آنان است. قریحهٔ لئوناردو گویا در این بوده است که تحقیقاتی را

۱. balistique intérieure بخشی از بالیستیک که دربارهٔ حرکت گلوله در داخل لولهٔ اسلحه بحث می‌کند.

به‌شکل منظم و پیگیر انجام دهد؛ که از آن جمله می‌توان از تحقیقات او دربارهٔ گردابها، فرسایش و تشکیل بسترهای رودخانه نام برد. هرچه که مربوط به محاسبهٔ جریان آب است، محققاً پیش از وی شناخته شده بود. مثلاً نظریه تلمبه‌ها، بی‌شبهه به مکتب اسکندریه تعلق دارد، لیکن کار روی آن در نیمهٔ نخست سدهٔ پانزدهم ادامه داشته است.

خطوط اصلی دینامیک لئوناردو و بندتی اقتباس از نومینالیستهای پاریس است که بیشتر به تجربه نزدیک بودند تا به سیستم گالیله. این پدیده احتمالاً شبیه پدیده‌ای است که در تحول صنعتی در یونان باستان ایجاد شد که تشکیل دانش محض بود. گسترش علم تجربی و بنابراین صنعتی به‌علت دشواریهای ناشی از عدم وجود تجهیزات پیشرفته در آن روزگار، از حرکت باز ایستاد.

مشکل اندازه‌گیری و مشاهده: درگذشته نشان دادیم که سیستم اندازه‌گیری دوران باستان، در قرون وسطی تا چه اندازه متنوع شد. این امر دراساس نتیجهٔ این واقعیت بود که با وجود هدف مشترک، نگاهداری سیستمی یگانه به‌علل سیاسی، اقتصادی و صنعتی امکان‌ناپذیر بود. یکی ساختن وزنها، از آغاز نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم می‌بایست به‌علل صنعتی و سیاسی، یکی از آرمانهای مقامات کشوری باشد. در اواسط سدهٔ چهاردهم یکی از سر اسقفهای لیون به نام گیوم دوتوری[1] مقرر داشت که «ازاین‌پس تنها دو وزنهٔ ترازو اعتبار دارند؛ اوزان لیون که هر کنتال برابر ۱۰۲ لیور، هر لیور ۱۴ اونس است و همهٔ بازرگانان باید وزنهای خود را بر این مبنا قرار دهند و سنگهای قدیمی شکسته و بی‌اعتبار محسوب می‌شوند» در فرانسه اوزان پاریس رواج داشت که همراه با رشد قدرت دولتی رفته‌رفته تنها اوزان رایج در تمام کشور شد. مقامات شهر آمین در سال ۱۵۰۱ به زرگران شهر دستور دادند تا وزنهٔ نمونه‌ای برابر وزنه ضرابخانهٔ پاریس تهیه کنند. در سال ۱۵۴۰ فرمانی مبنی‌بر کاربرد انحصاری اون[2] پاریس صادر شد. در انگلستان از زمانهای بسیار قدیم کوشش برای یکی ساختن واحدها ادامه دارد؛ منشور کبیر[3] سال ۱۱۹۷ این امر را توصیه می‌کند ولی به‌علل مشابهی آشفتگیهای مشابهی ایجاد شد. در سالهای ۱۳۴۰، ۱۴۳۰ و ۱۴۹۵ کوششهای مجددی برای یکی ساختن واحدها انجام گرفت.

وسایل اندازه‌گیری هیچوقت کامل نبوده‌اند. همواره از یک نوع ترازو استفاده می‌شد و تغییر اساسی در این وسایل در سدهٔ هفدهم با اختراع ترازوی روبروال[4] در فرانسه بود، با این کار همه

---

1. G. de Thurey

۲. aune واحد قدیمی طول برابر ۱۲۰ سانتیمتر، این واحد در سال ۱۸۴۰ منسوخ شد.

3. Great Charter

۴. Gilles Roberval ۱۶۰۲–۱۶۷۵، ریاضیدان و فیزیکدان فرانسوی؛ ترازوی خود را در سال ۱۶۷۰ عرضه داشت.

تکامل ترازوسازی، غیرمحسوس اما پیوسته، برای صحت توزین، امکاناتی ایجاد می‌کرد. صدور فرمان مارس ۱۵۴۰ سازندگان وزنه‌ها را ملزم می‌داشت که برای زدن علامت استاندارد به وزنه‌های خود به ضرابخانه مراجعه کنند. هانری دوم به‌کار یکی‌سازی وزنها ادامه داد. و در سال ۱۵۵۷ برای شهر پاریس، تنها یک وزن را مجاز دانست؛ و در سال ۱۵۵۸ آن وزن را در سراسر قلمرو خود عمومیت داد. بدیهی است که این یکی‌سازی وزن، تنها طبق قانون و روی کاغذ بود، ولی مع‌ذلک نشان‌دهندهٔ میلی آشکار برای دقیق کردن وزنه‌ها بود.

تا سدهٔ شانزدهم تجهیزات علمی شناخته‌شده تقریباً فقط وسایل مشاهدهٔ ستارگان، یا مسّاحی زمین بود. تصاویری که لئوناردو از بعضی وسایل طرح کرده است، نظیر ترازوهای هیدروستاتیک، گامشمار[1]، رطوبت‌سنج[2]، انواع بادسنج[3] بسیار بدون ارتباط با یکدیگر ماندند و غالباً اندیشه‌های بدیعی را تشکیل نمی‌دهند. این تجهیزات، که عده‌ای روی آنها حساب می‌کنند، فقط در سده‌های بعد ساخته شدند. وسایل مشاهدهٔ ستارگان معمولاً از سده‌های پیش از آن به‌کار می‌رفتند و کاری که روی آنها انجام می‌گرفت در جهت دقت زیادتر و آسانترسازی کار با آنها بود. ذات‌الربع دیویس[4] به پایان سدهٔ پانزدهم تعلق دارد. این وسیله معمولاً با چوب ساخته می‌شد و درجات آن روی یک صفحهٔ آبنوسی یا عاج حک می‌گردید. یکی از ساده‌ترین اسطرلابها، نوع برنجی آن بود که تنها دو بعد عمود بر هم داشت که یکی افق را نشان می‌داد. یک طرازگیر (الیداد) دارای پرهٔ دید (پینول)[5] حول مرکزی می‌چرخد. ربع دایره و قطاع مدرج تنها از پایان سدهٔ شانزدهم جزء آلات رصد قرار گرفتند. مربع یا ذات‌الربع، صفحه‌ای مسین مربع شکلی بود که قطاع آن به ۹۰ درجه تقسیم شده بود و در پایان سدهٔ پانزدهم شناسانده شد. حدود اواسط سدهٔ شانزدهم یک دایره افقی و یک نیمدایرهٔ عمودی را با یکدیگر ترکیب کردند و لئوناردو دیگز[6] این وسیله را تئودولیت نامید. خط‌کش، گونیا و پرگار، تکمیل‌کنندهٔ این وسایل بودند. ما شاهد بوده‌ایم که برای اندازه‌گیری ارتفاع برجها، درختان یا کوهها، از زمان نگارش کتاب آلبرتی یا فرانچسکو دی جورجو به دفعات از آنها استفاده شده است.

بنابراین می‌توان گفت که از پایان نیمه نخست سدهٔ شانزدهم، روشهای اندازه‌گیری، یا وسایل مشاهده پیشرفتی بسیار نامحسوس داشته‌اند؛ و دقیقاً در نیمهٔ دوم این سده است که وسایل جدید مهمی وارد این تکنیک می‌شوند.

اوزان در جهان باستان: علی‌رغم روحیهٔ علمی جدید، سلطهٔ روحیهٔ اومانیستی دوران باستان، بویژه روم باستان حتی بر قشر تکنسین‌ها بسیار آشکار بود. نیازی به اثبات تأثیر شهرهای باستانی ایتالیا، از

1. Podonétre 2. Hygrométre 3. Anémométre 4. Davis 5. Pinnule

۶. L, Digges، فوت احتمالاً سال ۱۵۷۱، ریاضیدان انگلیسی، گفته می‌شود که مخترع تلسکوپ بوده است.

نظر معماری، در دوران مورد بررسی نداریم. این تأثیر در حقیقت تنها در قسمت زیباشناسی نیست بلکه در خود روشهای ساختمانی هم به‌چشم می‌خورد. بازتاب کشف دست‌نویسی از ویتروویوس در شهر سنگال[1] در سال ۱۴۱۴، درحالی‌که کتاب این مؤلف در این‌هنگام بخوبی شناخته شده بود، امیدی را نشان می‌دهد که در آشنایی با جهان باستان نهفته بود. نخستین چاپهای کتاب ویتروویوس، در آغاز سال ۱۴۸۰ فقط چاپهای ساده متن لاتین بودند و می‌بایست در انتظار زمان فرا جوکوندو[2] متعلق به محفل برامانته[3] در سال ۱۵۱۱ و سزار سزاریانو[4] شاگرد برامانته در ۱۵۲۱ باشیم تا به نخستین تفسیرها از این کتاب دست یابیم. اما همه می‌دانند که نه‌تنها تمام کتابهایی که در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم نوشته شده است، اقتباس از ویتروویوس است بلکه تعدادی از معماران بنام مانند فرانچسکو دی جورجو و برادران سنگالو، تنها مهمترین را نام آوردیم، طرحهای فراوانی از یادمانهای باستانی بر جای گذاشته‌اند که با یادداشتهای تکنیکی مهم همراه است. ما در جای خود تأثیر تکنسین‌های دیگر دوران باستان مانند پلینی و همه آگرونومها، فلاویوس وژشیوس، سکستوس فرونتینوس را مورد بررسی قرار داده‌ایم.

جنبهٔ دیگری از دوران باستان نیز همین اندازه تحقیق شده است. اخیراً متوجه شده‌اند که لئوناردو حریصانه در جست‌وجوی نوشته‌های ارشمیدس بوده است. شکی نیست که این نوشته‌ها هم ارزش علمی و هم نفع تکنیکی دارند؛ به‌طوری‌که برای نمونه، اختراعات نظامی ارشمیدس، همهٔ مغزها را بخود مشغول کرده بود. لئوناردو نام ارشمیدس را بکرات ذکر می‌کند که گاهی هم نابه‌جاست. اما ارشمیدس بسیار قبل از لئوناردو از طریق ترجمه‌هایی که ما از آنها صحبت نمی‌کنیم شهرت یافته بود. خود تاکولا، گرچه مانند لئوناردو «بیسواد» خوانده شده است احتمالاً آگاهی غیرمستقیم اما درستی از او داشته است، و بندتی بعدها به این منابع دست یافت.

این جنبه تکنیک که مربوط به تأثیر جهان باستان درکارهای رنسانس است بررسی کافی نشده است. در اینجا هم دیده می‌شود که تکنیکها، جزیی از یک کل کار فکری می‌باشند. ما حتی اسناد جالبتری از این واقعیت داریم که لوسین‌فور[5] آنها را یافته است. در سالهای ۱۵۲۵ و ۱۵۲۶ چون سنای ونیز درباره نوعی کشتی ویژهٔ مبارزه با دزدان دریایی شور می‌کرد ماتئو برسانو[6] که هنرمندی

۱. Saint-Gall شهری در سویس، مرکز کانتونی با همین نام.

۲. Fra Giocondo ۱۴۳۳_۱۵۱۵ معمار ایتالیایی.

۳. Bramante ۱۴۴۴_۱۵۱۴ معمار ایتالیایی، متولد اوربینو.

4. C. Cesariano

۵. L. Febvre ۱۸۷۸_۱۹۵۶ مورخ فرانسوی.

6. M. Bressano

با تجربه زیاد بود، طرحی در مورد نوعی کشتی گرد ارائه داشت. لیکن ویتوریو فاوستوس[1] خطیب محبوب مردم، اومانیستی که از ریاضیات یونان و مکانیک ارسطو بهره‌ای داشت بخود جرأت داد که وارد قلمرو عمل شود و طرحهایی برای یک کشتی دارای پنج ردیف پاروزن تقدیم کند. شگفت‌آور بود که در مسابقه‌ای که میان یک دستاورد یونان باستان و تکنیک نوین و آزموده پیش آمد، یونان باستان پیروز شد.

همهٔ اینها صرفاً نشانه‌هایی بین دانش مکتوب و دانش عملی هستند و بدون شک برخورد آنها بسیار ضعیف بوده است. مع‌ذلک دریکدیگر دخالتهایی کرده‌اند. محتمل است که بزرگان رنسانس بسیار بیشتر درپی توجیه‌کارهای خود بودند تا آموختن.

پیدایش سیاست صنعتی

بررسی ریشه‌های سیاستهای دولت دربارهٔ صنعت شامل یک رشته پژوهشهایی است که هنوز شروع نشده است. بنابراین ناگزیر باید به چند اشارهٔ موردی که کم‌وبیش به موضوع مرتبط هستند، قناعت کنیم.

بعضی حکومتها، از همان قرون وسطی درصدد جلب دانشمندان، تکنسین‌ها یا شاعران بوده‌اند. مواردی را ذکر می‌کنیم: آلفونسوی دانا[2]، و هوهنشتاوفن[3]. این روش معمولاً هدف روشنفکرانه داشته است تا نفع‌طلبی. اقدامات مشابهی که برخی دربارهای کوچک ایتالیا در سدهٔ پانزدهم به‌عمل آورده‌اند؛ مثل اوربینو یا ریمینی، گرچه لشکرکشیهای آنها برجسته‌تر است، باز همین هدف را دنبال کرده‌اند. تشکیل سلطنتهای بزرگ نوین مستلزم کوششهای دوگانه نظامی و صنعتی است و پیشرفت صنعتی در این رژیمها یک باره در صدر قرار می‌گیرد. ارتش نیرومند وکاملاً مجهزی ضرور است و نیز سیستمی برای دفاع از مرزها، چه زمینی و چه دریایی لازم است که حتی‌الامکان شکست‌ناپذیر باشد. پس از آشفتگیهای ناشی از جنگ صد ساله برای تقویت یک سیاست فعال، پیروی از یک تجدید ساختمان اقتصادی و جلوگیری از فرار سرمایه‌ها، بویژه واردات گرانبها لازم بود بدین‌ترتیب در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم، مرکانتیلیسم صنعتی اولیه زاده شد. این مرکانتیلیسم صنعتکاران بیگانه را گروه‌گروه فرا می‌خواند. این سیاست صنعتی یکی از نیرومندترین عوامل گسترش پیشرفت صنعتی بود؛ تأثیر آن بسیار فراتر از نشر کتابها و رساله‌های عموماً مغشوش صنعتی می‌رفت.

---

1. V. Faustus

۲. Alphonse le sage یا آلفونسوی دهم ۱۲۲۱ـ۱۲۸۴ شاه لئون وکاستیل.

۳. Hohenstaufen سلسله‌ای از امیران آلمانی که از سال ۱۱۳۸ تا سال ۱۲۵۴ حکومت می‌کردند.

کوششهای نظامی: تردیدی نیست که اقدامات نظامی بسیار بهتر بررسی شده‌اند؛ لیکن با این‌همه قسمتهای بزرگی در اطلاعات ما از این امر خالی مانده است که ارزش پژوهشهای بسیارّ دقیقی دارند. این مسأله دو جنبهٔ تسلیحات و دژسازی را دربر می‌گیرد. از سوی دیگر دانش همه جانبهٔ تکنسین‌هایی که برای انجام کار معینی اجیر شده بودند، منبعی از اطلاعات هستند که از یک مرحله ساده نظامی فراتر می‌رود: کارشناسان دژسازی که به فرانسه آمده بودند کار شهرسازی را به پیش بردند، همچنانکه ریدولفو فیوراوانتی معمار که به روسیه دعوت شده بود به توپ‌ریزی پرداخت.

درواقع اسلحه‌سازان، چه ریخته‌گران و چه آهنکاران آنها ظاهراً بسیار کم سفر می‌کردند. علت آن بود که این تولیدگنندگان، گرچه پیشرفت صنعت آنها آهسته و نامحسوس بود بخوبی توانسته بودند خود را با روشهای محلی، که در هرکجا وجود داشت وفق دهند. با این‌همه ما می‌بینیم که لویی یازدهم یک اسپانیایی را که در ساختن کمانهای فولادی تخصص داشت اجیر کرد همچنین چند کارشناس مین‌گذاری برای حفر خندق به فرانسه آورد. تکامل توپخانه نیز گویا در هر کشور مستقل از دیگری انجام گرفته است. ریخته‌گران ایتالیایی کمتر به فرانسه یا اسپانیا دعوت شده‌اند؛ و چنین می‌نماید که ریخته‌گران فرانسوی تفوق چشمگیری به ریخته‌گران بقیه اروپا داشتند.

اما رشته دژسازی (بویژه در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم) چنین وضعی نداشت؛ در این قسمت ایتالیاییها استاد بودند، تعداد قابل‌توجهی از مهندسان ایتالیایی برای یاد دادن هنر خود به دیگران به خارج سفر کردند. مهندسان پرآوازهٔ فرانسوای اول عبارت از: جیرولامو مارینی، بلارماتو، کاستریوتو،[1] بودند. تقریباً همهٔ روسای هیئت مهندسی فرانسه تا پایان سدهٔ شانزدهم ایتالیایی بودند. برای اینکه مکتبی پدید آید که در آن کسانی نظیر سباستین لوپرستر و وبان تربیت شوند باید منتظر ژان‌ارار دوبار لودوک[2] شوالیه سازنده پاگان[3] و ویلا[4] باشیم. جیرولامو مارینی تقریباً همه استحکامات مرزی شامپانی: لافر[5]، لان[6]، سواسون[7]، اپرنه[8]، ویتری لوفرانسوا، شاتوتیری[9]، تروا و ژوانویل[10] را ساخت. بلارماتو در نواحی لانگر، دیژون، بزانسون[11]، نووی[12]، وزول[13] و بخصوص در لوهاور کار کرده است؛ ایتالیایی دیگری به نام دوناتو بونو پلیتسولی[14] به فرمان شارل‌کن دژ مشهور آنورس را همچون استحکامات ورونا ساخت. کمی پس از سال ۱۵۵۰ ایتالیا تکنیکهای تازه از دژسازی در اشپانداو[15]، دوسلدورف پیاده کرد، پس از آنها یک مکتب آلمانی که کار خود را در دوره شروع کرده بود در پرتونام دانیل اسپکل[16] (۱۵۳۸ـ۱۵۸۹) شهرت یافت.

1. Castriotto 2. E. de Bar le Duc 3. Pagan 4. Villa 5. La Fère 6. Laon
7. Soisson 8. Epernay 9. Château-Thierry 10. Joinville 11. Besanscon
12. Nuits 13. Vesoul 14. D. Buono dei Pellizuoli 15. Spandau 16. Spekle

صنعت و اقتصاد: همهٔ کشورهای اروپایی در تلاش بودند که به سطح سرزمینهای بسیار پیشرفته، بویژه ایتالیای شمالی و تا اندازه‌ای هم تا آلمان ترقی کنند. بنابراین مستشارانی از خارج می‌آوردند و از آنها نه‌تنها رازهای صنعتی بلکه همچنین برنامه‌های صنعتی و حتی گاهی تشکیل سازمان اداری نوی برای کشور خود را می‌خواستند.

بهترین نمونهٔ این کشورها، روسیه است. ایوان سوم در ۱۴۷۲ با شاهزاده خانمی از خانوادهٔ پالئولوگ[1] نوهٔ آخرین امپراطور بیزانس ازدواج کرد. این شاهزاده خانم در ایتالیا بزرگ شده بود. یک ضراب ایتالیایی به نام جان باتیستا دلا ولپه[2] که در مسکو استقرار یافته بود در انجام گرفتن این ازدواج نقش مهمی داشت. این ازدواج سبب شد که ایوان سوم تعداد زیادی تکنسین از ایتالیا به مسکو دعوت کند تا دولت او را تجدید سازمان دهند. یکی از نخستین ایتالیاییهایی که وارد مسکو شد ریدولفو فیوراوانتی ساکن بولونیا بود که مغزی همه‌جانبه داشت و علاوه‌بر معماری در کارهای مهندسی، ریخته‌گری، مدال‌سازی، هیدرولیک، دژسازی و پیروتکنیک (صنایعی که به کمک حرارت انجام می‌گیرند) هم استاد بود. در سال ۱۴۸۸ هیئت جدیدی به مسکو آمد که در آن معمار، زرگر، ریخته‌گر و اسلحه‌ساز شرکت داشتند. معمار نام‌آور دیگری به نام پیترو آنتونیو سولاریو[3] از میلان نیز با آنان بود که در ساخت کرملین اشتغال یافت. هیئتهای مشابه دیگری در سالهای ۱۴۹۳، ۱۴۹۹، ۱۵۲۷ از ایتالیا به مسکو آمدند. از آغاز این دوران، ایتالیاییها که نسبت به روسها - به‌علت مذهب ارتدوکسی آنها ـ بدبین بودند دیگر به روسیه نیامدند. علت تشابه بسیار زیاد برخی ساختمانهای مسکو با معماری شمال ایتالیا همین امر است.

روسها از هنرمندان ملیتهای دیگر نیز دعوت کردند. در سال ۱۴۸۲ تزار از شاه مجارستان درخواست کرد که چند مین‌گذار برای او بفرستد. همین درخواست در سال ۱۴۸۸ از امپراطور مجارستان شد. در سال ۱۵۵۰ از چاپگران دانمارک دعوت به‌عمل آمد. در حوالی همین زمان گروهی از انگلیسیها که تعدادی پیشه‌ور و مین‌گذار بودند وارد روسیه شدند. در سال ۱۵۵۴ یک آلمانی به نام هانس زیته[4] از گوسلار[5] همراه ۱۲۳ استادکار آلمانی وارد روسیه شدند. بدین‌ترتیب می‌توان دریافت که این موج تا چه اندازه مهم و دامنه‌دار بوده است.

می‌توان این مسأله را وارگونه بررسی کرد و به نقل و انتقال کارگران و چگونگی گسترش برخی صنایع پرداخت. مثلاً در مورد معادن، که آلمانیها پیشرو این صنعت بودند، تحقیق کرد. در بالا دیدیم که در مدت زمان کوتاهی ایوان سوم دوباره از معدنچیان بیگانه (مجارستان و آلمان، که مجارستانیها

1. Paléologue 2. Gian Battista della Volpe 3. P. A. Solario 4. H. Sitte

۵. Goslar شهری در آلمان‌غربی در ساکس سفلی.

گویا آلمانی بودند) خواست به روسیه بیایند. در سال ۱۴۵۰ شارل هفتم برای استخراج معادن مصادره شده ژاک‌کور از یک آلمانی به کلاوس سمرمنت[۱] استفاده کرد. هنری ششم شاه انگلستان در سال ۱۴۵۲ به معدنکاران بوهم و مجار که قرار بود در آن‌سوی مانش سکنی گزینند، پروانه عبور داد. لویی یازدهم از چاپگران و شیشه‌سازان آلمانی برای کار در فرانسه دعوت کرد؛ و طبیعی است که ترویج کار چاپ کتاب، که خود مخترع آن بودند، در سراسر اروپا بوسیلهٔ آنها صورت گیرد.

در صنایع دیگر مثلاً صنعت ابریشم که ایتالیاییها آن را بسیار پیش برده بودند، نیز همین وضع حاکم بود. لویی یازدهم با نظری صرفاً مرکانتیلیستی درصدد وارد کردن این صنعت، بخصوص تاب اولیه نخ آن به فرانسه بود. برای این کار او تعدادی از کارگران ایتالیایی را به فرانسه آورد و آنها را در لیون و تور سکنی داد. این سیاست عمومیت استثنایی یافت.

ما می‌بینیم که دولتهای برتانی در سال ۱۴۷۸ به شهر ویتره[۲] کمکهای مالی می‌کردند تا یک دستگاه ابریشم‌تابی در آن شهر زیر نظر ایتالیاییها نصب گردد. کوشش دیگری در این ردیف در سال ۱۴۸۳ دیده‌می‌شود. این کار در کلنی سال ۱۴۷۰، مارسی سال ۱۴۷۴ تکرار شد و مطمئناً در شهرهای دیگری هم شده است.

همراه با این کارهای آگاهانه، مهاجرت کارگران، که از قرون وسطی شروع شده بود. طبیعتاً ادامه داشت. اگر این مهاجرتها را با دقت زیادتری بررسی کنیم، کاری که تاکنون نشده است، نتایج بسیار جالبی به‌دست خواهد آمد. معلوم شده است که در بعضی از رشته‌های صنعتی، مانند آهنکاری در شهرستان بری در آغاز سدهٔ پانزدهم تعداد زیادی کارگر آلمانی و اهل لورن اشتغال داشته‌اند. در دوفینه نیز کارگران اهل پیمون یا استیر از سدهٔ سیزدهم به بعد مشغول بوده‌اند. محتمل است که ساختن کوره‌های بلند و بعضی روشهای خالص‌سازی چدن در سراسر اروپای غربی بوسیلهٔ کارگران لیژ انجام گرفته است. در انگلستان انقلاب صنعتی آهنکاری ظاهراً در شروع سدهٔ شانزدهم بوسیلهٔ کارگران فرانسه انجام گرفته است. تعداد زیادی از اصطلاحات مربوط به این رشته، تبار فرانسوی دارند. عده قابل‌توجهی از کارگران فرانسوی این صنعت، طبق نامه‌های مربوط به درخواست تبعیت انگلستان، در سال ۱۵۴۴ در زمان سلطنت هنری هشتم، از آنها دعوت شده بود که برای جنگ با فرانسه آماده شوند.

بنابراین دیده می‌شود که همین مهاجرت کارگران، چه فردی و چه دسته‌جمعی در پیشرفت صنعت نقش بسیار مهمی داشته است. این وضع تا پایان سدهٔ هجدهم و حتی تا نیمهٔ نخست

1. Claus smerment

۲. Vitré مرکز ولایت ایل ـ ا ـ ویلن در فرانسه.

سدهٔ نوزدهم ادامه یافت. می‌توان گفت که در همین زمان اخیر است که سنتهای شفاهی در پیش راندن ارائهٔ تکامل صنعتی دیگر نقشی ندارند.

پیشرفت صنعتی و محیط اجتماعی: در این قسمت هم اطلاعات ما بسیار ناقص است و کامل کردن آن، حتی به‌طور سطحی هم امکان ندارد؛ زیرا این موضوعی است که دامنه‌ای بسیار گسترده دارد. بنابراین باید بحث خود را به چند نکتهٔ کاملاً کلی و یکی دو نمونه‌ای که تاریخ‌نگاران به آنها پرداخته‌اند، محدود سازیم.

پیشرفتهای صنعتی با افزایش سرمایه‌گذاری آشکار می‌شوند. لوازمی که تدارک آنها در اثر پیشرفت صنعت روزبه‌روز دشوارتر می‌شوند، باید تحول یابند. این تحول هم بنوبهٔ خود در داخل طبقات صنعتی موجب تغییر روابط اجتماعی است. اگر وضع اجتماعی کشاورزی در دو سدهٔ مورد بحث دقیقاً دستخوش هیچ دگرگونی نشده است بدین علت است که روشهای کشاورزی هیچ‌گونه تغییرات مهمی بخود ندیده‌اند. در مورد صنعت وضع به‌گونه بالا نیست. این پدیده‌های اجتماعی بر روی سطوحی کاملاً متفاوت به‌وجود می‌آیند. در بعضی از صنایع که تولید ناگزیر متمرکز است درحالی‌که نوعی پخش وسیع مورد نیاز است، اشکالی از سرمایه‌داری کلان بوجود می‌آید. چنین وضعی مثلاً درکانکاوی وجود داشت. تقاضای زیاد برای فلزات متعدد، بویژه مس به علت تکامل توپخانه مفرغی ایجاد شد و با پیشرفت فنی روشهای استخراج (زهکشی، مته‌کاری چاههای عمیق، چوب‌بست‌گذاری تونل، حمل‌ونقل) مربوط شد و منجر به تراکم سرمایه کلان در دست عده‌ای شد که بهترین نمونهٔ آن خانوادهٔ فوگر در آلمان و خانوادهٔ هوکستتر[1] در انگلستان است. تشکیل این سرمایه‌های کلان بنوبهٔ خود سبب پیشرفت سریع تکنیکهای استخراج کانها گردید. در صنایع محلی اشکال دیگری از تجمع برای بهتر کردن تکنیکهای کهن با تغییر دادن مادهٔ خام تشکیل می‌شوند. مثلاً برای ساختن یا راه‌اندازی کارخانه‌های آهنکاری از آغاز سدهٔ پانزدهم تا نیمهٔ شانزدهم شرکتهایی ایجاد شد. چند نفری از اشراف دوفینه چنان ثروتمند یا آنقدر بی‌پروا بودند که سرمایه هنگفتی را که در ساختن چکش مکانیکی و متعلقات آن لازم بود، بتنهایی عهده‌دار شدند. آنها بین خود شرکتی به‌وجود آوردند ورود به آن را برای بورژواهای پولدار نیز باز گذاشتند. در اینجا هم پیشرفت تکنیک، سازمان نوینی از سرمایه‌ها ایجاد کرد و فرمولهای اجتماعی نوینی را پایه گذارد.

لیکن اثر پیشرفت تکنیک، تنها در جهان سرمایه‌ها و جامعهٔ بورژوا ـ صنعتی احساس نشد، بلکه در همهٔ مراتب اجتماعی انعکاس داشت. پیچیدگی تکنیکها بتدریج لایه‌بندی کارگران را ایجاد کرد و طبقه‌بندی اجتماعی نوینی متناسب با درجات دانش پدید آمد. این پدیده‌ها مطمئناً مدتها

1. Hochstetter

بود که وجود داشتند اما اینک روزبه‌روز نمایانتر می‌شدند. عالیترین درجه مربوط به تکنسین‌های بسیار بزرگ بود که تا آن وقت در جامعه‌ای زندگی می‌کردند که برای اشتغالات فنی جایی نداشت و تعریف جامع و مانعی نیز برای آنها نبود. این مرحلهٔ کم دوام ربع پایانی سدهٔ پانزدهم مربوط به تکنسین‌های نام‌آور و مهندسان عالیقدر که مورد توجه قدرتهای سیاسی بودند جای خود را به گروهی کارشناس از قبیل مهندسان ارتش، سازمان دهندگان شهرها و ارتباطات بین شهرها داد که بتدریج در بدنهٔ هیئت اداری متمرکزی تجسم یافت. که تکنیک در آن به‌طور چشمگیری تکامل یافته بود. از تکنسین‌های بزرگ ارتش استادان بزرگی در قسمت توپخانه، افسران پل‌ساز و متخصص در ایجاد راههای شوسه، کارشناسانی برای آب‌رسانی و جنگل و افسران دریایی و غیره پرورش یافتند. پرورش این استادان بدون شک بیشتر عملی بود تا نظری و کارایی آنها تصادفی بود. مدارس بزرگی به آهستگی توسعه می‌یافتند (کمتر تأسیس می‌شدند)، در این مدارس فنون را در سطح بالا تعلیم می‌دادند، سازمان آن مستلزم سابقه‌ای بیش از دویست سال بود. شهر ونیز در سال ۱۵۰۶ دارای یک مدرسهٔ توپخانه شد؛ شهر بورژ بی‌درنگ از ونیز تقلید کرد.

ما جامعهٔ کارگری سدهٔ شانزدهم را مورد بررسی قرار نداده‌ایم. می‌توان اطمینان داشت که این جامعه نیز از قشرهایی تشکیل یافته بود که در بعضی از حرفه‌ها نمایان بود: تاریخ استخراج نمک در فرانش کنته از این لحاظ گویاست. در اینجا سدهٔ پانزدهم، ما حتی با شخصی که کارشناس این رشته است مواجه می‌شویم که اطلاعات خود را در اختیار کارگران استخراج نمک کشورهای اروپای غربی قرار می‌دهد. پیشرفت تکنیک موجب رشد تعداد کارگران نسبتاً ساده‌ای که زیر راهنمایی تکنسین‌های ماهرتر از گذشته کار می‌کردند، شده است. این افزایش شمار کارگران صنعتی در ازدیاد محسوس جمعیت در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم مؤثر افتاد. بنابراین دیده می‌شود که در اینجا هم رشد تکنیک با رشد جمعیت همگام بوده است.

واکنشهای جامعه دربرابر پیشرفتها، یا دربرخورد با بعضی پیشرفتهای صنعتی برای ما معلوم نیست. حداکثر اطلاعات ما در این‌باره از چند اشاره فراتر نمی‌رود که هم برای دانستن حقیقت امر کافی نیست. شخصی به نام آنتون مولر[1] در سال ۱۵۲۹ در دانتسیک یک دستگاه بافندگی را دیده است که چهار یا پنج پارچه را در یک زمان می‌بافد. اختراع این دستگاه در بین کارگران ایجاد چنان عصبانیتی کرد که حاکمان شهر، آن دستگاه را شکستند و مخترع آن را غرق کردند. شورش بزرگ کارگران چاپخانه در فرانسه در اواسط سدهٔ شانزدهم محققاً به‌علت کاملتر شدن پرس ماشین چاپ بود که کاهش تعداد کارگران را موجب می‌شد. حوادث گوشه و کنار بدون ارتباط با یکدیگر،

1. A. Muller

یا نخستین تظاهرات یک جنبش مخالف که با قدرت بیشتری در پایان سدهٔ شانزدهم و آغاز سدهٔ هفدهم به وقوع پیوستند، روبه افزایش بود. با داشتن این مدارک ضعیف که برای ما مانده است اظهارنظر دشوار است. امید می‌رود که با پژوهشهای عمیقتر در آینده نزدیکی دانش ما دربارهٔ شرایط کار در دوران رنسانس متقن گردد.

به‌هرتقدیر نمی‌توان اندیشید که پیشرفت فنی مهمی که در دوران رنسانس از آن یاد می‌کنند، آثاری روی ساختار جامعه نداشته است. تقسیم جغرافیایی جمعیت، لایه‌بندی اجتماع و پدیده‌های روانشناسی جامعه را باید براساس نقشه تحول تکنیکها تفسیر کرد.

*

بدین‌ترتیب ما اینک در پایان این دوره به محیطی کاملاً جدید گام نهاده‌ایم. تکنیک درکل خود در مدت زمان بین میانه سدهٔ چهاردهم تا میانه سدهٔ شانزدهم مقام بسیار مهمی به‌دست آورده است و در راه تبدیل شدن به یکی از ستونهای اصلی زندگی است.

جریانهای دیرپای فلسفی، علمی و تحولات اجتماعی که طبقاتی راکه اهمیت اقتصادی دارند جلوتر از دیگران قرار می‌دهند از لحاظی آفرینندهٔ رنسانس بودند. مرحلهٔ نخستین رنسانس در همهٔ جهات بود، لیکن ما در اینجا اهمیت آن را از نظر تکنولوژی مورد بررسی قرار داده‌ایم. هرچیز مرتبط به رنسانس، فنی بود، ازجمله هنر آن (پرسپکتیو هندسی) و نیز دیدهای سیاسی آن، که نوعی سازمان عملی و منطقی را پدید آورد که تا آن وقت ناشناخته بود. شواهد این واقعیت، پهنهٔ وسیعی دارد که از یادداشتهای مهندسان گرفته تا کارهای طبقهٔ متوسط پیروز و سیاست ملی‌گرایانه برخی کشورهای اروپای غربی را شامل می‌شود.

بدین‌ترتیب انسان غربی در راه آگاه شدن از پیشرفت فنی و امکانات آن، امکاناتی که دربرخی موارد بی‌پایان هستند، گام نهاد. این پیشرفت الهام‌بخش او در اختراع و نوسازی تجهیزات ذهنی و مادی بود. چنین می‌نماید که اختراع هم اندیشهٔ نوی است، اندیشه‌ای بدان درجه از اهمیت که شبکه‌ای از قانون را به دور خود می‌تند. ادارهٔ ثبت اختراعات، در شکل اولیه خود برای نخستین بار در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم در ایتالیا تأسیس شد و بزدوی در همه کشورهای اروپای غربی، در نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم مورد تقلید قرار گرفت. جالب‌توجه است که بدانید که در آلمان، زمان شارل پنجم (شارل کن)، بیش از آلمان سدهٔ هجدهم اختراعات به‌ثبت رسیده‌اند.

روشن است که در این جنبش بزرگ، که بویژه در یکصد سال ۱۴۵۰ـ۱۵۵۰ گسترش یافته است همهٔ طرحها جامهٔ عمل نپوشیدند، و تعدادی در همان مرحلهٔ تصور باقی ماندند. طرحهای

لئوناردو، چه آنها که اقتباسی بودند و چه آنها که اصیل، گواه این ادعا می‌باشند. همه طرحها را نمی‌شد کامل کرد و ما در پرتو واقعیت پیشرفت، که لااقل در خطوط کلی و درشت آن فهمیده و تعریف می‌شد می‌توانیم ببینیم که اجرای واقعی تا فرارسیدن سدهٔ هجدهم به‌آهستگی ادامه داشت و انسیکلوپدی دیدرو و دالامبر مؤید این حقیقت است. درگذشته دربارهٔ دامنهٔ وسیع کاربرد چوب به‌عنوان مادهٔ اصلی صحبت کردیم، اکنون می‌گوییم که همین امر باعث کندی پیشرفت مکانیزاسیون بود.

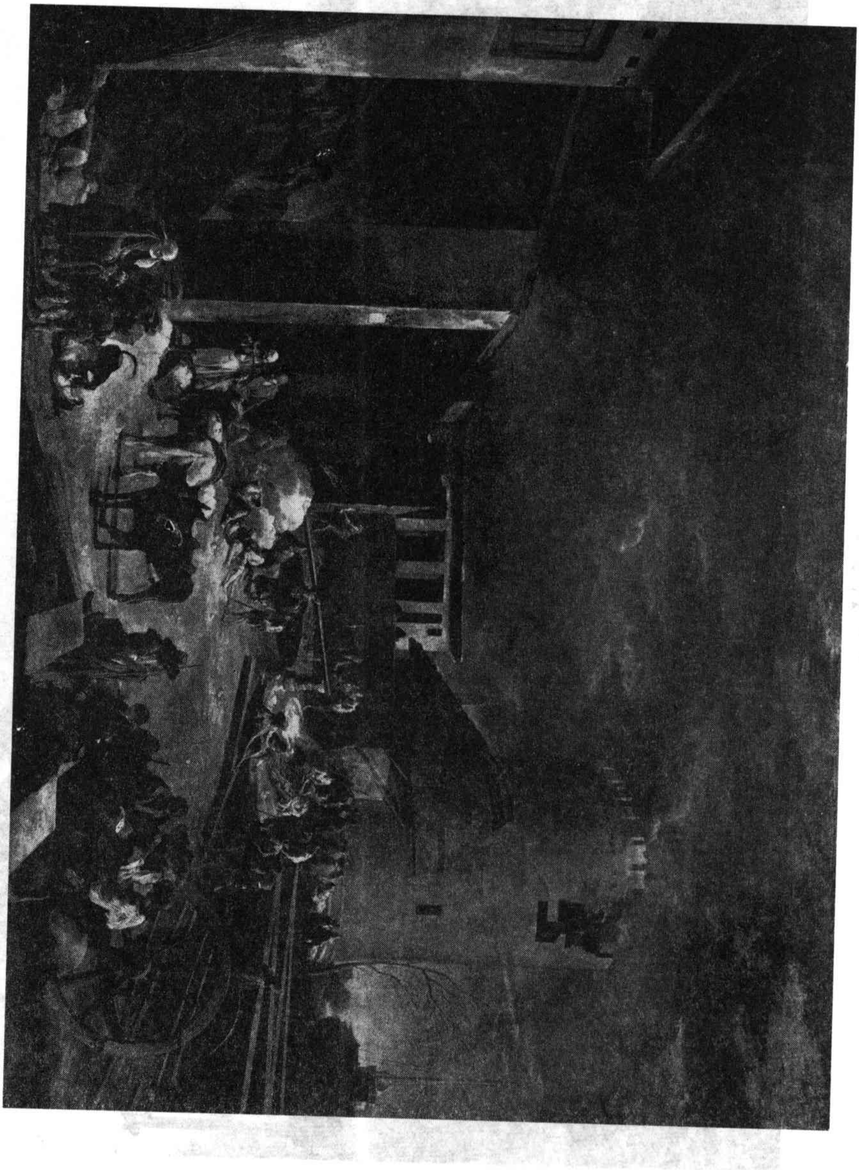
ما تقریباً چنین احساس می‌کنیم (احساسی که اثبات آن دشوار است) که تحقق نیافتن همهٔ وعده‌هایی که داده شده بود و ادامه نیافتن پیشرفت پیوسته تکنیک، به‌علت فقدان امکانات مادی بوده است. وجود ترسهای گوناگون در حدود اواسط این قرن، نیز سبب شد که این دورهٔ دوم از گسترش و پیشرفت صنعتی بازماند. تاریخ‌نویسان متعددی، و در این اواخر آقای نف این ترسها را مشخص ساخته‌اند. تنزل اقتصاد در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم، آشفتگی اوضاع سیاسی و مذهبی در همین زمان؛ کاهش تراکم جمعیت؛ بالاخره اینکه اروپا دچار پریشانیهای ناشی از جنگهای بین ملتها و داخلی بود. افزایش بهای ناشی از فوران فلزات گرانبها از امریکا، افزایشی که اثرات آن به‌طورکلی از ابتدای سال ۱۵۵۰ در اروپا خود را بروز داد سرانجام آخرین علت توقف پیشرفت تکنیک بود.

بدین‌ترتیب بار دیگر در پیشرفت تکنیک گسستگی ایجاد شد. درگذشته گفتیم که در قرون وسطی در فاصلهٔ زمانی بین اواسط سدهٔ دوازدهم و ثلث آخر سدهٔ سیزدهم هماهنگ با تراکم جمعیت، پیشرفت پیوسته‌ای در تکنیک ایجاد شد. ما همین پدیده را بین سالهای ۱۴۵۰ـ۱۵۵۰ همراه با نقاط شروع و سقوط کاملاً مشخص و نیز همراه با ترکیبی از رشد مادی و افزایش جمعیت باز مشاهده می‌کنیم.

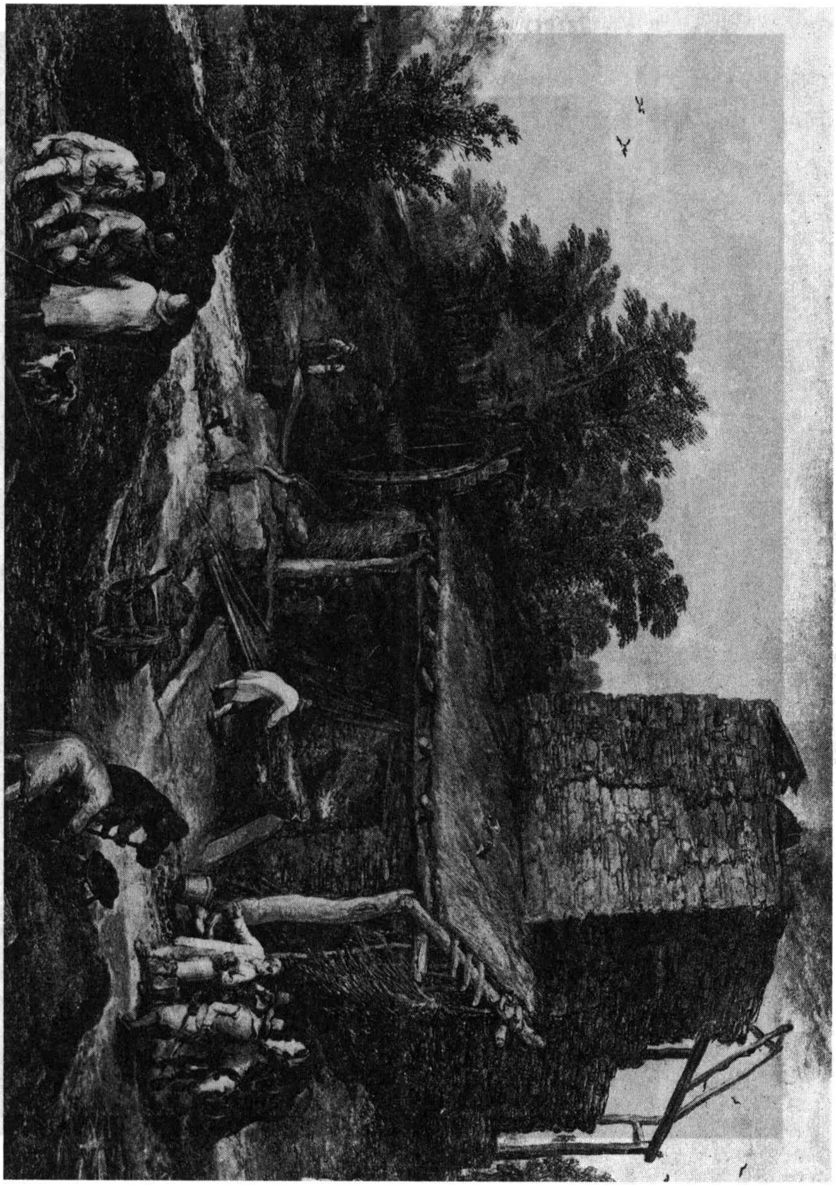
کتابنامه

توجه ـ ما کتابهایی را که در فصل قرون وسطی نام بردیم، در اینجا تکرار نمی‌کنیم.

CANESTRINI (G.), *Arte militare meccanica medievale*, Milan (1945).
MIELI (A.), *La eclosion del Rinacimiento*, Madrid, 1951.
NEF (J.-U.), *La naissance de la civilisation industrielle*, Paris, 1954.
GILLE (Bertrand), *Les ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964.



تابلوی ۱۱. کورهٔ پخت آهک.



تابلوی ۱۲. کورهٔ بلند.

بخش دوم

مراحل اصلی انتقال

کتاب اول

بهره‌کشی از فراورده‌های طبیعی

۹

فنون کشاورزی

در مقایسه با قرون وسطی که کشاورزی از جنبهٔ تکنیکی پیشرفتهای کوچکی داشته است، می‌توان پذیرفت که سدهٔ شانزدهم، بخصوص بخش چهارم پایانی آن، دورانی از نوآوری بوده است. در این دوران جنگهای میان ملتها به‌پایان رسیده و جنگهای داخلی فروکش کرده بود. حکومتهای سلطنتی تشکیل شدند و بیشترین توجه آنها معطوف مرهم‌گذاری بر روی زخمهای فراوانی بود که بر بدنهٔ روستا وارد شده بود. آنها بی‌شبهه گرفتاریهای دیگری هم داشتند ولی مگر برای برقراری یک نظم سیاسی و اقتصادی بهتر از تغذیه مردمی که به صلح رسیده‌اند وسیله دیگری هم یافت می‌شد؟ در فرانسه، هانری چهارم و وزرای او اعلام داشتند که هیچ‌چیز مبرمتر از سرپا ایستانیدن روستا نیست. شعار سولی (مشاور هانری چهارم) این بود: مزرعه‌کاری و مرتع‌داری! از آنجا که در انگلستان

بلایای «جنگ گلها»[۱] به‌اندازهٔ فرانسه وحشتناک بود، برنامه خاندان تودور[۲] شکوفا ساختن روستا بود. اسپانیا که پس از غلبهٔ مجدد مسیحیان و به سلطنت رسیدن شارل پنجم (شارل کن) در اوج بازگشت به حالت سابق بود، طلا و نقرهٔ فراوانی که از امریکا آمده بود چشمان رهبران آنجا را خیره نکرد. در ایتالیا هم، گرچه شهرها از دیرباز در جلوی صحنه بودند، لیکن اکثریت شکنندهٔ اهالی در روستاهای فعال، اما بی‌ادعا به‌سر می‌بردند. حتی در شبه‌جزیره بالکان، حکومت ترکیه نیروی خود را بواسطهٔ سازماندهی روستاها به‌دست می‌آورد. در همه‌جا زندگی در روستا جان می‌گرفت. گویا زمان برای بیرون رفتن از چارچوب سنتها مساعد شده بود. مشاوران و رهبران برای کمک به روستاییان کاملاً آمادگی داشتند.

نوشتارهای آگرونومی: دولتها می‌توانستند در پیشبرد کار روستا بر روی نوشتارهای جدید آگرونومی تکیه کنند. پیدایش انبوهی از اندیشه‌هایی که در جهت گسستن با گذشته و برای یافتن راههای نو عطش تندی داشت نتیجهٔ مستقیم اوضاع رنسانس بود.

«بازگشت به جهان باستان» به کشف و یا کشف مجدد مؤلفانی منجر شد که به جمع‌آوری متونی از یونان و لاتین پرداخته بودند که به تصور آنها مظهر عقل و خرد در کار کشاورزی می‌باشند. آثار کاتون، وارون، کلومل، پالادیوس و حتی تئوفراستوس، و بالاخره هزیود و ویرژیل[۳] خواننده‌های مشتاقی داشتند. کتاب کلومل در سال ۱۵۵۴ بوسیله پیترو لائورو[۴] به ایتالیایی، و در سال ۱۵۵۵ بوسیلهٔ شارل کوترو[۵] به فرانسه ترجمه شد. کتاب پالادیوس در سال ۱۴۲۰ به شهر برگردانیده شد (گرچه به‌شکل دست‌نویس باقی ماند). به برکت عشق شدید به گذشته کتاب پیترو دوکرشنستی با عنوان «*Opus Ruralium Commodorum sive de Agricultura*» همراه با توصیفی از کشت و زرع در بولونیا، در بهترین وضعیت آن، ازنو دست‌به‌دست می‌گذشت.

تألیف کتابهای اصیلی به زبانهای ایتالیایی، فرانسوی و انگلیسی در این زمینه بسیار بامعناتر و تأثیر آنها هم بسیار زیادتر بود. در ۱۹۲۷ آقای س. اسلن[۶] کاتالوگی از کتابهای کشاورزی که بین سالهای ۱۴۷۱ـ۱۸۴۰ چاپ شده است تحت عنوان: «*Rothamsted Experimental Station*» منتشر ساخت. طبق این کاتالوگ، تعداد کتابهایی که دربارهٔ کشاورزی در سده‌های شانزدهم و هفدهم منتشر شده‌اند، چنانچه اغلب آنها را تألیفی بدانیم، شگفت‌انگیز است. برخی از

۱. Wars of the Roses، جنگهای متناوب برای تصاحب تاج و تخت انگلستان است که در سالهای ۱۴۵۵ ـ ۱۴۸۵ بین دو خاندان اشرافی لنکستر (با نشان گل سرخ)، و یورک (با نشان گل سفید) به‌وقوع پیوست.

۲. Tudor خاندانی که در سالهای ۱۴۸۵ـ۱۶۰۳ بر انگلستان فرمان می‌راند.

۳. Virgile ۷۰ ـ ۱۷ پیش از میلاد، شاعر لاتین.

4. P. Lauro 5. Ch. Cotereau 6. S. Aslin

این کتابها با اقبال زیادتری روبه‌رو شدند. کتاب جان فیتسهربرت (اگر به قلم برادرش آنتونی نباشد) چنان مهم بود که لرد ارنل[۱] مورخ کشاورزی انگلستان دربارهٔ آن بحق گفته است که کتاب: (۱۵۲۳)«Book of Husbandry» «برای پنجاه سال یک کتاب درسی در کشاورزی انگلستان باقی می‌ماند.» کتاب تامس تاسر[۲] با عنوان (۱۵۵۷)«Hundreth Good Points of Husbandre» نیز همین اندازه شهرت یافت. این کتاب چندین چاپ بخود دیده است و تا سدهٔ هجدهم هم هرکس که در موضوع کشاورزی اثری دارد از آن نقلی دارد.

چنین نهضتی موجب رنسانس در ایتالیا و فرانسه شد. پس از کتاب «Agricultura» تألیف میکل آنجلو توناگلیو[۳] (۱۴۹۰)، اندیشه‌های مندرج درکتاب کامیلو تارلو[۴] با عنوان «Ricordo de Agricultura» (۱۵۶۷) در سراسر ایتالیا و سرزمینهای دیگر، بویژه در ونیز که کتاب برای آنجا نوشته شده بود نقل مجالس بود. فرانسویان هم در این نهضت شریک بودند، کتاب برنار پالیسی با عنوان «Recepte véritable par laquelle tous les hommes pourront accroitre leurs tresors» (۱۵۵۳) اطلاعات بسیار تازه‌ای در مورد خاکها می‌دهد، او فکر می‌کند که این اطلاعات را از طریق سفال‌سازی به‌دست آورده است. کتاب شارل اتین و لیبو[۵] با عنوان «Praedium Rusticum» که به‌صورت بدی فصلبندی شده است، یکی دیگر از نتایج مستقیم بازگشت به جهان باستان است. این کتاب هر چند که به فرانسه ترجمه شد (۱۵۶۴)، دارای آن قدرت نفوذی نبود که بتواند روشهای جدید کشاورزی را در جامعه رسوخ دهد.

شخصی که قدرت این‌کار را داشت، اولیویه دوسر بود. اولیویه دوسر این جنتلمن پروتستانی، جنگاور دلیر و دیپلمات زبردست پس از پایان یافتن جنگ در مزرعهٔ خود پرادل[۶]، نزدیک ویلنوو دوبرگ[۷] واقع در ویواره سویس سکونت گزید. او در زیر سنگهای بازالتی قلهٔ کوارون[۸]، در بوته‌زار له گراس[۹]، بر اثر پشتکار زیاد، عمل و عشق به زمین، مزرعه سرسبزی به‌وجود آورد. اما اولیویه دوسر را نمی‌توان فقط یک مرد کار دانست، بلکه او مشاهده‌گری دقیق و نیز آزمایشگری بود که احتیاط کاری و جسارت را باهم داشت. او دانشمندی بود که نوشتارهای لاتینی دربارهٔ آگرونومی را خوانده بود؛ کامیل تارلو[۱۰] را می‌شناخت؛ و به فرانسه، ایتالیا و سویس نیز سفر کرده بود. کتاب او عنوان: «Le Théâtre d'AgricuLelture ou le Mesnage des Champs» (۱۶۰۰) را بر خود داشت. در این کتاب مجموعه‌ای از بهترین روشهای کشاورزی، قابل فهم سدهٔ شانزدهم گردآوری شده است. اولیویه می‌گوید: «کسانی هستند که همهٔ کتابهای کشاورزی را مسخره می‌کنند و ما را

1. Ernle 2. T. Tusser 3. M. Tonaglio 4. C. Tarello 5. Liébeault 6. Pradel
7. Villeneuve-de-Berg 8. Coiron 9. Les Gras 10. C. Tarello

به کشاورزان بی‌سواد حواله می‌دهند و می‌گویند در این‌کار، تنها داوران با صلاحیت، آنها هستند؛ زیرا تنها تجربه را می‌توان قاعده مطمئنی برای کشت مزارع دانست». لیکن اولیویه دوسر می‌گوید: «هر کشاورز باید بداند که کار روی زمین، یک علم است و فایده‌اش بیش از دشواری فهم و کاربرد آن می‌باشد؛ بشرط اینکه بر پایهٔ اصولی قابل فهم بناشده باشد و عاقلانه و با دقت به‌کار رود و تجربه راهنمای آن باشد».

آیا این علاقه شدید به آگرونومی، آثاری را که پایه‌گذاران انتظار آن‌را داشتند در جامعه ایجاد کرد؟ آیا در اینکه دولت به سود کشاورزی از استعداد اولیویه دوسر پشتیبانی کرده باشد، شکی وجود دارد؟ کتاب عالی او در زمان حیاتش هشت‌بار تجدید چاپ یافت و شایع است که هانری چهارم دستور داده بود که هر روز چند صفحه از این کتاب را برای او بخوانند و شکی نیست که با این انتقال فکری خود به زندگی روستا هم به‌طور مستقیم و هم شاعرانه، که سبک استاد پرادل است، لذت می‌برد و اشعار محکم و پر احساس آن کتاب را که زبان زیبای دوران کلاسیک خوانده می‌شد، مزه‌مزه می‌کرد. لیکن کسانی‌که کتاب اولیویه دوسر را می‌خواندند، نظیر کسانی‌که کتابهای آگرونومی ایتالیایی و انگلیسی را مطالعه می‌کردند کشاورز واقعی نبودند زیرا «دهقانان کتاب خواندن نمی‌دانستند». اشرافیت بتازگی اسلحه خود را به کنار گذاشته و از دربار رانده شده بودند. عده‌ای از آنها که به قلعه‌های خود بازگشته بودند زندگی محقر و گاهی بسیار سختی را می‌گذرانیدند. طبقه بورژوازی که طی بیش از یک سده به سرمایه‌گذاری در مستغلات خود گرفته بود واهمه‌ای از استقبال بلایا نداشت، زیرا نوآوری کشاورزی را آزمایش کرده بود. این طبقه معمولاً به داشتن «زمینی در آفتاب» و سود بردن از آن خرسند بود، و به امید اینکه از طریق زمینداری و خرید لقب به طبقهٔ اشراف درآید به نظام اجاره دهی زمین، یا مزارعه (شرکت در محصول) سازمان می‌داد. هم طبقهٔ اشراف و هم بورژوازی هیچ‌گونه علاقه‌ای به اینکه در جهان کشاورزی، همچون خمیر مایه‌ای عمل کنند، نداشتند.

کار عادی روستاییان: روستایی پس از برقراری صلح، همه نیروی خود را در بازسازی کشتزار خود خرج کرد. نیازی به گفتن نیست که روستایی غذای خود را از کشتزار خود تأمین می‌کند و چنانچه چیزی مانده باشد آن‌را برای خرید بقیه نیازهای خود خواهد فروخت. روستایی دیرزمانی است که برای تهیهٔ چیزهای اضافه بر نان روزانه، چه در دهستان و چه در روستا رنج می‌برد. بنابراین آنچه او می‌جوید غلات واقعی، امتحان شده و سنتی بود: گندم و جو. باید گفت که در پایان سدهٔ شانزدهم و مدتها پس از آن، وضع با گذشته تفاوتی نداشت.

زمانی‌که اندرزهای پیشروترین نویسندگان امر زراعت را به کشاورزان بررسی می‌کنیم، این روحیه بخوبی دیده می‌شود. حتی در سال ۱۷۲۷ هم برادلی[1]، استاد گیاهشناسی کمبریج در کتاب خود با عنوان: «*Complete Body of Husbandry*» می‌نویسد که کشاورزان به کسی‌که اصلاحات او را به آنها پیشنهاد می‌کند، قبل از هرچیز پاسخ می‌دهند که آیا او، برادلی، می‌تواند یک خیش را هدایت کند، «زیرا آنها چنین فکر می‌کنند که تمام رمز یک کشت خوب در این‌کار نهفته است». اولیویه دو سر با آن همه دقت در کار کشت و آن‌همه علاقه به وسایل آن، مشاهدهٔ خود را می‌نویسد که «آنهایی که خیشهای جدیدی اختراع کرده‌اند بیشتر مورد تحسین بوده‌اند تا تقلید، بنابراین روش کهن کشت و زرع محترم مانده است.» او نظر کاتون را تکرار می‌کند که «گاو آهن خود را تغییر ندهید.»

آراتوم و خیش، هر یک در حوزهٔ خود به شخم زمین در جاهایی با شخم سطحی و در جاهای دیگر با شخم عمقی با روش گذشته ادامه می‌دادند؛ همان‌طورکه آگرونوم ویواره در بوس[2] مشاهده کرده است، که در آنجا با این تخته‌های دارای سطح خمیده برای «راندن آب باران به دو طرف زمین و قسمتهای پایین» می‌کوشیدند. بدون شک وسایل شخمزنی اشکالی منطبق با شرایط محل کار یافته‌اند لیکن طرز کار برپایه کاربرد وسیله تثبیت شده است و مهارت شخمزن در این است که تفاوت دو زمین یک محل را بازشناسد. بنابراین می‌کوشند که روی زمینها، با روشهای سنتی تجربه شده کار کنند. اولیویه دوسر شرح می‌دهد که این رویه در فرانسه چه نتایجی داشته است، و آنچه را که او می‌گوید بدون شک برای بخش اعظم اروپا صدق می‌کند. متناسب‌سازی کار با سیستمهای کشاورزی و سیستمهای کشاورزی نیز بنوبهٔ خود با ویژگیهای اقلیمی و کیفیت زمین، ادامه داشت. بهترین زمینها، به‌نظر آقای سر، می‌تواند کشت پیوسته دانه‌ها را تحمل کند و گردش کاشت در آن چنین است: گندم سفید، چاودار، یا مخلوطی از گندم و چاودار، و سپس جو، جو دوسر «یا دانه‌های بهاری دیگر». بی‌شبهه این یک مورد افراطی است که فقط در زمینهای آبرفتی، که آیش سه ساله در آن عادت شده است عملی می‌شود. زمینهای با حاصلخیزی متوسط را یک سال در میان می‌کاشتند، و این آیش معمولی دو ساله بود. بدترین زمینها، هر دو یا سه سال یکبار بذرافشانی می‌شد. کاه بجای مانده را همه‌جا می‌سوزاندند و زمینی که بذرافشانی نشده بود، شخم زده می‌شد تا اینکه «علفهایی که در آنجا می‌رویند مواد غذایی را از زمین نگیرند». هر ده یا دوازده سال، «کشتکار خوب» خاک را با «بیلچه‌های دسته‌چوبی» بر می‌گرداند. در زمینهای سنگلاخی برای این‌کار از نوعی کج‌بیل، که به اشکال گوناگون است استفاده می‌کردند. استفاده از بیل رواج

1. Bradley

۲. Beauce ناحیه‌ای هموار در جنوب غربی پاریس.

بسیار داشت، با اینکار «خاکهای کهنه و نو با یکدیگر مخلوط می‌شوند» و مزرعه «به‌طور کامل پاک می‌شود». چنانچه می‌خواستند قطعه‌زمینی را به ده یا دوازده بخش مساوی تقسیم کنند هر بخش را به نوبت بر می‌گرداندند و «همه زمین بهترین حالت خود را به‌دست می‌آورد».

دهقان پیری در حال نزع به فرزندان وصیت می‌کرد که: پیش از هرچیز به‌کار خود تکیه زنید به گاوآهن و بیل زمین را کنید، همه‌جای آن زیر و بالا کنید.

کشاورزی مدیترانه

شرایط بد اقلیمی و نتایج آن: هیچ قسمتی از نیمکرهٔ غربی به اندازهٔ سواحل مدیترانه به تجربهٔ سنتی خود پابند نیست. در این ناحیه، کشاورزی به چنان درجه‌ای از تکامل رسید، که حتی تا حدودی نیروی نو شدن خود را از دست داد. پیچهای بزرگ تاریخی این ناحیه، از آن جمله پیروزیهای اعراب، قتل و غارتهای بربرها، جنگها، تنها علت و حتی بزرگترین علل تنزل وضع اقتصاد آنجا نبود. نواحی اطراف مدیترانه از همان زمانی‌که تکنیکهای کشاورزی آن از عهدهٔ تغذیه مردم خود، به‌اندازهٔ نواحی شمال اروپا درماندند، بذر نابودی را در خود پرورش داد. ویژگیهای جغرافیایی سبب شد که تولید سواحل مدیترانه‌ای درخشان، اما بدون رشد باشد.

اقلیم مدیترانه‌ای به ساکنان خود گندم ظریف دارای آرد سفید، انگور برای شراب، زیتون برای روغن (که از همهٔ روغنهای کشورهای شمالی طلاییتر و سبکتر بود) هدیه می‌کرد. تمدنهای باستانی هم روی این سه محصول اصلی تکیه داشتند. کشاورزان جنوبی بتدریج انواع دانه‌های روغنی و میوه‌های شیرین دیگری تولید کردند: بادام و خزنوب، زردآلو و هلو، انجیر که اولیویه دوسر دربارهٔ انواع شکلهای جالب و مزه‌های مطبوع آن شعر می‌سراید. میوه‌ها که در حالت تازه، خشک شده (زیر آفتاب یا روی سبد) برای اینکه انبار شوند، مصرف می‌شدند و عمر مصرفی آنها افزایش یافته بود. پزشکان فرانسوی سدهٔ هجدهم توجه داده‌اند که روستاییان گاهی در مصرف میوه‌های نارسیده افراط کرده‌اند.

کمبود نسبی دانه‌های غذایی ـ حتی اگر انواع باقلا، نخود، ماش را به آنها بیافزاییم، مضیقه‌ای دیرپای بود. هوای خشک تابستان سبب می‌شد که غلات، محدود به گندم سفید و جو باشند. انواع گندم بازده کمی داشتند که غالباً کمتر از چهار یا پنج تخم برای هر تخم بود. کشت آنها تابع آیش دوساله باقی ماند، بجز گندم بهاره که آن‌را «گردش دوزمانه» (مارک بلوک) می‌نامند. این وضع بوسیلهٔ ویرژیل و آگرونومهای لاتین شرح داده شده است و اشاراتی به آن در آثار هومر و هزیود

دیده می‌شود. دو بخش کردن زمینهای غلات برای استراحت یکساله آن انجام می‌گرفته است. چنانچه پس از برداشت گندم باز گندم کاشت شود محصول دوم دچار بیماریهای گوناگونی می‌شود. گذشتگان خوب ما دو کشت پشت سرهم گندم سفید را شدیداً منع می‌کردند. حداکثر اینکه، در گوشه‌ای از زمین آیشی چند دانه بذر گندم یا سبزی می‌کاشتند.

این شکل کاشت که همان روشهای بدوی را دنبال می‌کند با عملیات ثابتی همراه است: شخمزنی با آراتوم، برداشت با داس، خرمنکوبی با کشیدن تریبولوم و پلوستلوم، یا راندن چهارپایان از روی آنها، با خرمنکوب و بالاخره با زدن خوشه‌ها بر روی سنگ انجام می‌گرفت. این روشها به‌علت بازده کم زمین هنوز در مناطق عقب ماندهٔ خاور نزدیک، آفریقای شمالی و حتی در اسپانیا متداول هستند.

بدین‌ترتیب از اینکه قحطی برای اشخاص فقیر بلیه‌ای بومی بوده است و اینکه به‌دنبال برداشتهای بد، قحطی و غلای وحشتناکی رخ می‌نمود، نباید شگفت‌زده شد. تنها کافی بود که جمعیت یک شهر ـ به هر علت که باشد ـ افزایش یابد تا قحطی شدیدی روی دهد، نمونهٔ این حالت در شهر ناپل در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم اتفاق افتاد.

شاید همین عدم کفایت عادی بوده است که بین مناطق حاصلخیز و مناطق کمتر حاصلخیز موجد دادوستد وسیعی شده است، استفاده‌های هنگفت ونیز و جنوا همین دلیل را داشته است. غلاتی که از بازرگانان کوچک در دشتهای حوضه دانوب و سرزمین رومانی، شرق طالع (لووان)، حوضه‌های یونان و بلغارستان و نیز ترکیه، مصر و گاهی حتی اسپانیا، خریده می‌شد، به‌سوی بندر حمل می‌شد و در بندر دربارهٔ بهای آن برای فروش به مناطق دیگر به چانه‌زنی می‌پرداختند. این نوع معاملات سبب پیدایش رشتهٔ جورکردن کالا شد که فلوکیگر[1] تکنیکهای آن‌را شرح داده است. این جورسازی بدین منظور بود که گندم مرغوب صادراتی (در سیسیل grani forti) را از انواع پایینتر، که در محل مصرف می‌شد و یا بهای کمتری داشت، جدا کنند.

نگاهداری غلات به رسم قدیم در صندوقها، در خمره‌ها و یا اینکه در کف انبارهای تهویه‌دار انجام می‌گرفت. بازرگانان غلات را در انبارهای واقعی، گاهی هم بخش نامرغوب آن‌را به‌شکل بیسکویت جمع می‌کردند. این دادوستد، شکننده بود زیرا پس از رسیدن کشتیهای حامل گندم از شمال اروپا به مدیترانه نمی‌توانست ادامه یابد. رسیدن این کشتیها موجب و یا همزمان با افت دادوستد گندم در منطقه مدیترانه بود.

تولید انگور پیوسته روبه‌پیشرفت داشت. مو در زمینهای بی‌قوت، در دامنه‌های سنگلاخی، اما

1. Flückiger

آفتابگیر رشد می‌کند. کوششهایی برای بهترسازی کیفیت شرابها و نیز یافتن درختان موی عالیتر از دیرباز مورد علاقهٔ کشاورزان موکار بوده است بعدها دربارهٔ هرج‌ومرجی که از آوردن انواع موهای بیمار ایجاد شده بود و اینکه سراسر حوضهٔ مدیترانه موردنظر موکاران قرارگرفته بود، شکایت شد. به‌هرحال این مسأله جالب است که در برخی از نواحی، ازدیاد درختان دارای محصول بیشتر انگور ولی شراب با کیفیت پایینتر طبق تصویب نامه‌هایی با همان شدت قدغن شد که فروش محلی آن محصول مورد حمایت قرارگرفت.

در جنب شراب معمولی که مصرف محلی داشت، مناطق مدیترانه‌ای نوع دیگری شراب به نام لیکور تهیه می‌کردند که تقریباً انحصاری بود. هر کشور از یونان تا ایتالیا، از اسپانیا تا پرتغال، همینطور پروانس و لانگدوک به محصول شراب خود می‌نازید و می‌کوشید که از رقیب خود پیش افتد. انتخاب نوع مو و مواظبتهایی که در تهیهٔ شراب می‌شد پایه تولید این محصول بود، محصولی که آوازهٔ آن در سراسر جهان غرب به گوش می‌رسید. انواع شرابها ازقبیل: شراب قبرس، marsala، malaga،malvoisie ، moscatel ، clairette، grenache و غیره عرضه می‌شد و رمز و راز آنها فاش نمی‌شد. گاهی مشروبات خاصی هم تولید می‌کردند که شراب و یا عرق؛ اساس آنها بود. وقتی بولن‌ویلیه[1] از مونپلیه[2] صحبت می‌کند، نام رمزی لیکور آنجا را آورده است.

شرابهای دیگری که زینت‌بخش میز غذای ثروتمندان بودند از نواحی جنوبی فرانسه می‌آمد که گرچه در شراب‌سازی هنوز شایستگی چندانی نداشتند ولی به مرغوبیت شرابهای خود فخر می‌کردند، مثلاً شراب رون[3] که اکنون با نامهای: Côtes du Rhône،Hermitage، Côte-Rôtie عرضه می‌شوند. این شرابها از موستانهای کوچکی به‌دست می‌آمد که در نوعی شیب پلکانی واقع در پشت دیوارهای سنگی زمینهای خشک با دشواری تمام پرورش می‌دادند. تهیه‌کنندهٔ هر شراب به ممتاز بودن موها و نیز روش شراب‌سازی خود کمال اعتقاد را داشت و می‌گفت از بهترین روش شراب‌سازی استفاده می‌کند.

درکارخانه‌های شراب‌سازی بوردو، گارون و نیز دره‌های لوت[4] و دوردنی از انگورهای سرزمینهای معتدل استفاده می‌شد. انگورها را هم دیروقت می‌چیدند و گاهی انگورها روی درخت از حد رسیدگی می‌گذشت و شراب آن به‌طور طبیعی دارای کف بود، مانند شراب گایاک[5] درکنار رودخانه

1. Boulainvilliers 2. Montpellier

۳. Rhone منطقه‌ای در مشرق فرانسه مرکزی.

۴. Lot منطقه‌ای در جنوب غربی فرانسه، که رودهای لوت و دوردنی آن‌را مشروب می‌سازد.

۵. Gaillac مرکز شهرستان تارن.

تارن[۱]، یا شرابهای شیرین مونبازیلاک[۲] در برژراک[۳]. امتیازات بوردو در زمان استیلای انگلیسیها مانع پیشرفت شراب‌سازی شد و این رکود تا زمان راندن انگلیسیها در سال ۱۷۷۶ ادامه داشت؛ پس از این تاریخ بود که شرابهای گراو[۴] و مدوک [۵] شهرت یافتند.

با این‌همه دادوستد با هلندیها، که بیشتر به شرابهای سفید علاقه داشتند سبب پیشرفت شراب‌سازی شارانت، آدور، بیگور[۶] و نیز شرابهای آرمانیاک[۷] شد. با اینکه مقدار الکل این شرابها کم بود ولی مشتری زیاد داشت، که آنها را شیرین می‌کردند یا اینکه کمی الکل به آنها می‌افزودند. سازندگان این شرابها از موهای پربار نظیر folle blanche, picpoul استفاده می‌کردند. موکاری معمولاً بدون فاصله و بدون زدن قیم انجام می‌شد. بخشی از انگور برای دستگاه شراب‌سازی فرستاده می‌شد که بخصوص از شروع سدهٔ هفدهم در همان کارگاه شراب‌سازی دهقانی کارگذاشته شده بود.

همراه مو درختان دیگری مانند: گلابی، هلو، انجیر، آلو و بخصوص درختان توت، زمانی‌که پرورش نوغان پیشرفت داشت، درختان زیتون، در هر جا که آب‌وهوا با پرورش آن موافق بود، مواظبت می‌شدند. گرایش به نگاهداری انواع درختان میوه، عمومی بود گرچه در بسیاری از نواحی درختان مو و زیتون در محلهای جدا از درختان دیگر مواظبت می‌شدند. اجتماع درختان میوه با کشت غلات مناظر بدیعی ایجاد می‌کند که در پروانس آن‌را ouliéres در اکتین Cancés، در ایتالیا آن‌را coltura promiscua می‌نامند. روشن است که این تجمع محصولات در یک کشتزار با ترویج نظام مزارعه مورد تشویق قرار گرفت. فقر استثمارکننده او را بدین سوی می‌راند که از قطعه زمینهای کوچک که قطعه‌نانی را با عریق جبین به‌دست می‌آورد، حداکثر محصول را به‌دست آورد. این روش همچنین نشانهٔ نوعی درجا زدن تکنیک است. مثلاً درختان مو در محلهای مرطوب مبتلا به بیماریهایی شدند که راه علاج آنها ناشناخته بود. چنانچه بین دو ردیف درختان مو فاصلهٔ زیاد گذاشته می‌شد خطر کمتر می‌شد، با نشاندن یک درخت (نارون، افرا) به‌عنوان قیم از مو حمایت می‌شد، موکاران قدیم می‌دانستند که باید زیر شاخه‌های مو قیم گذاشت.

---

۱. Tarn رودخانه‌ای در جنوب فرانسه.

۲. Monbazillac دهستانی در دوردنی، در جنوب غربی فرانسه.

۳. Bergerac شهرستانی در دوردنی.

۴. Graves موستانی در بوردوله، ساحل گارون.

۵. Médoc موستانی در بوردوله، ساحل ژیروند.

6. Bigorre

۷. Armagnac قصبه‌ای در گاسکونی، در جنوب غربی فرانسه.

شاخه‌های نازک مو از یک درخت به درختی دیگر می‌دوند همان‌طورکه اکنون در موستانهای واقع در دشت پو ایتالیای مرکزی دیده می‌شود؛ یا به شاخه‌های درختان دیگر قلاب می‌شوند، عملی که در ناحیهٔ مینو[1] پرتقال یا درگوشه‌هایی از دره‌های پیرنه انجام گرفته است. در پایان می‌توان گفت که فقدان چمنزارهای کوچک و مراتع مصنوعی را، جمع شدن برگها روی درختان قیم جبران می‌کند و نوعی «مرتع هوایی» پدید می‌آید. در ایتالیا از سدهٔ شانزدهم با تراکم جمعیت و تسخیر سرزمینهای گود، روش Coltura promiscua پیشرفت شایانی داشت. این روش بازتاب «تنگی» زمینهای شخم زده است که افلاطون درگذشته با آن مخالفت ورزیده بود و جوزپه پرتسولینی[2] مورخ ایتالیایی آن‌را بدرستی به طبیعتی با رفتار «زن‌پدرانه» نسبت می‌دهد.

چگونه‌ممکن است این کشاورزان محروم از عطایای طبیعت وگرفتار مضایق بتوانند، تکنیکهای جدید را آرزو کنند؟ وفاداری مجدانه به طرزکارگذشته لااقل به آنها نیم اعتمادی به قدرت زیستن می‌دهد. هر یک از آنها هم علاوه‌بر قوت لایموت می‌تواند در زمین خود چند محصول تکمیلی و لازم را بیابد. حشم او تا چند رأس گوسفند و بز، بدون گاو، کاهش یافته است؛ یک خر یا قاطر برای رفع نیازهای خانواده کافی است وکشیدن آراتوم و حمل بارهای کم را، درصورتی‌که دهقان به پشت نکشد؛ انجام می‌دهد. خوراک این چهارپایان علاوه‌برکاه که در همه مزارع مجانی است، جنگلهای تنک و تپه‌های کمی سبز است. و همیشه زمینهای بته‌زار بیشتر از زمینهای ملکی است. منطقهٔ پرورش زنبور عسل هم وجود دارد که بوسیلهٔ جمع‌کنندگان چوبهای خشک و پوست درختان کاج برای دباغی، سماق، قرمزدانه، سبزیهای صحرایی و تمشک، شاه‌بلوط در مناطق نیمه کوهستانی (کورس، سه ون[3]، شمال غربی پرتغال و اسپانیا و . . .) و روی زمینهای اسیدی که غله بد عمل می‌آید، شلوغ می‌شود؛ بدین‌ترتیب اشکال گردآوری خوراک، که کار مردم گرسنه پیش از تاریخ بود، ادامه داشت.

در صورت‌نیاز، کوهستان که همیشه در دسترس بود و برای چرای گله‌های بزرگ در تابستان مرتع داشت. در اسپانیا، جمعیت حشمدار، مستا[4]، از مناطق خراب شده که در جنگ با اعراب به‌دست آمده بود برای سازمان بخشیدن و توسعهٔ سلطهٔ خود روی مناطق بزرگ استفاده کردند، و بنا به فصل، هزاران و دهها هزار گوسفند مرینو، تهیه‌کننده‌های بزرگ پشم را در آن مناطق به چرا می‌فرستادند. آنها از ابتدای سدهٔ چهاردهم زیر حمایت پادشاه بودند و از سال ۱۵۶۱ امتیازات برقرار شده را در عمل و طبق قانون دولتی تثبیت کردند. آنها مالک راههای مرتعی، به‌اصطلاح

۱. Minho ناحیه‌ای در شمال پرتغال.

۲. G. Prezzolini سال ۱۸۸۲.

۳. Cévennes کنارهٔ شرقی ارتفاعات مرکزی فرانسه، بین ارو و آردش.

4. Mesta

Canades reales بودند که در تمام طول آن هر نوع کشتی عملاً ممکن نبود. در اینجا حالت افراط برقرار بود اما در فرانسه، در ایتالیا، در شبه‌جزیرهٔ بالکان، در ترکیه آسیایی، در آفریقای شمالی چراگاهها راه خود را داشتند که در پروانس و لانگدوک به آنها drailles می‌گفتند و نیز مقررات و قواعدی از آنها حمایت می‌کرد. مبارزه میان چوپان و کشاورز محلی قرنها ادامه داشته است.

سدهٔ شانزدهم با تحول مهمی مشخص شده است، این تحول را اگر در پرورش گوسفند برای استحصال پشم آن، که از هر وقت دیگر بیشتر بود ندانیم، می‌توان آن‌را در چهارپایان بارکش دانست. نژاد اسب، این چهارپای مورد نیاز جنگ در همه‌جا ازجمله: در ایتالیا، در اسپانیا، در قبرس و آفریقای شمالی مورد تهدید بود. قاطر جای او را می‌گیرد و «پیروزی» قاطر تردید ناپذیر است، حتی اگر آن پیروزی را در دوران شارل‌کن به قول هرارا «مصیبتی وحشت‌آور» به‌شمار آوریم. بنابراین کشتکاران برای مدتی طولانی ناچار بودند که به خراشهای سطحی ناشی از کشیدن آراتوم قناعت کنند. درحالی‌که اسبان قوی زمینهای سخت اروپای شمالی را شخم می‌زدند.

تکروی کشاورزان و فقدان مالکان بزرگ: ناچیز بودن وسایل کشاورزی با تکروی کشاورز سازگار بود. این میل تکروی در نواحی جنوبی چنان عادت شده بود که عده‌ای گمان می‌بردند که «در خون» کشاورزان آن نواحی است. اجاره‌داران که در همه‌جا از قید سرواژ تقریباً رها بودند همچون مالک ارثی زمین رفتار می‌کردند. کشت غله در مزارع به آنها تحمیل نمی‌شد ـ یا دیگر تحمیل نمی‌شد، جز در جاهایی که کار جمعی سنتی، که با وابستگی به زمین عجین بود اجرا می‌شد؛ رسمی که در سطح وسیعی از اروپای شمالی برقرار بود. هر کشاورز به روش خود قطعه زمین کوچک خود را می‌کاشت، کشاورز جنوب اروپا چنانچه چند تکه از بهترین زمینهای خود را گندم کاشته بود و گوشه‌ای در زیر آفتاب برای شراب‌سازی اختصاص داده بود، و چند درخت زیتون یا میوه‌دار داشت، از زندگی لذت می‌برد. پارچه پارچه کردن زمین، نتیجهٔ همین جاه‌طلبی محقرانهٔ دهقانان است و دامن زدن به این جاه‌طلبی بسیار دشوار بود. زمینداران بزرگ چیزی جز قطعاتی که سطح آن از مرز کارگروهی خانواده زیاد فراتر نمی‌رفت، نداشتند. کشاورز معمولی شهرستانهای پروانس و لانگدوک بندرت بیش از ده یا پانزده هکتار زمین داشت. او بدین طریق فقط می‌توانست نوعی زندگی پدر شاهی را اداره کند آن نوع زندگی که آقای فردریک میسترال[۱]، در نیمهٔ سدهٔ نوزدهم، آن‌را شرح می‌دهد.

---

۱. F. Mistral ۱۸۳۰ـ۱۹۱۴ شاعر فرانسوی از پروانس که نهضت فلیبریژ را پایه نهاد. مشوق سرسخت زبان پروانس بود.

دورنمای زندگی و خلق‌وخوی آنها هم با این همت پایین همساز بود. کشاورزان تقریباً در همه‌جا در روستاهای تنگ، در دامنهٔ تپه‌ها گرد آمده بودند. بیم از دزدان مسلح، گروه ولگردانی که ارتش از خود بجای می‌گذاشت، شبیه کفهایی که از دریا و رودخانه پس از طوفان و طغیان، بجای می‌ماند، آنها را در مکانهای مستحکم قرار داده بود. فرناند برودل[۱] این گروه ولگردان را به‌طور جالبی شناسانیده است و لوسین رومیه[۲] دربارهٔ افزایش و خطر ولگردان فرانسه در زمان کاترین دومدیسی بحث کرده است. مردم تا حد امکان از جاده‌ها دور می‌شدند و ولگردان در سرتاسر فرانسه تاخت و تاز داشتند.

این نوع گردآمدن کشاورزان که قرون وسطی به آنها تحمیل کرده بود و جنگهای سدهٔ شانزدهم سبب تجدید یا حفظ این حالت بود که برای تحول تکنیک کشاورزی ابداً مساعد نبود. همان‌طورکه در جاهای دیگر دیده شده است گرد آمدن مردم، گرچه سبب همبستگی است لیکن آنها را به‌سوی ایجاد و حفظ سنن می‌راند و ریشهٔ ابتکارات فردی می‌خشکد.

اشخاص مترقی را می‌شد در میان مالکان بزرگ یافت، زیرا تنها آنان بودند که وسایل مادی خارج کردن کشاورزی را از این کوره راه پرنکبت، در اختیار داشتند. لیکن متأسفانه مدرکی که آنها در این‌باره اندیشیده باشند وجود ندارد؛ بهترین آنها به این امر خشنود بوده است که زمین خود را طبق قواعد مرسوم اداره کند. رنهٔ نیکو خصال[۳] در قلعهٔ گاردان[۴] (آخر سدهٔ پانزدهم) خود را به‌نظم و اقتصاد موجود بیشتر علاقه‌مند نشان می‌دهد تا به نوآوری در این رشته‌ها. ادارات او به‌شکل پدرشاهی باقی ماندند ولی چنانچه ابتکارات او در نظر گرفته شود بر خلاف نظر کشیش شایو[۵] وقایع‌نگار او، هرگز «مدل محکمی» ایجاد نکرد. نظر لوسین رومیه در اینکه «کشاورزان هرگز از زندگی خود شکایتی نداشتند زیرا این گروه انبوه از فکر دربارهٔ وسایل بهبود آن هم می‌ترسیدند». در مورد فرانسه و بخصوص کشاورزان جنوب آن، درست است.

اشراف در سراسر جنوب اروپا، غالباً فقیر و بی‌ریشه از جنگ بیرون آمدند؛ عده‌ای از آنها هم مالک زمینهای بزرگی شدند و درپی استفاده از آن بر آمدند، و این مورد زمینهای امپراطوری ترکیه در بالکان است که رژیم اربابی آن سرزمین هم به‌علت تسخیر آنجا بوسیلهٔ مسلمانان و هم شورش

---

۱. F. Braudel ۱۹۰۲ مورخ فرانسوی.

۲. L. Romien ۱۸۸۵ـ۱۹۴۴ روزنامه‌نگار و مورخ فرانسوی.

۳. le bon roi Rene ۱۴۰۹ـ۱۴۸۰ دوک دانژوولورن، از بزرگان خاندان آنژون.

4. Gardane 5. Chaillou

کشاورزان درهم شکسته شد. به‌جای لاتیفوندیوم[۱] مسیحی، تیمار (زمین بزرگ به فرماندهٔ سپاه واگذار می‌شد) اسلامی برقرار گردید و اربابان جدید برای دفاع در برابر تخطیهای دولت گرفتاریهای زیاد داشتند. پیشرفت کشاورزی در خارج از مناطق پیش گفتهٔ خود را در شکل چیفلیک[۲] نشان می‌دهد که تقریباً به شکل نوعی کلنی بود که گاهی در مورد زمینهایی که هنوز دائر نبودند انجام می‌گرفت. فرناند برودل این نظام را در زمینهٔ پیشرفت کشت گندم دیده است و فکر می‌کند که نظیر آن در ممالک ساحل دانوب، حتی در لهستان درگذشته وجود داشته است. آقای مالویست[۳] مورخ لهستانی ثابت کرده است که همه کشورهای بالتیک در این راه پیشرفت کشت غله، که سبب شکوفایی بازرگانی خارجی آنها بود، سهیم بوده‌اند. لیکن این پیشرفت کشاورزان بر کار کشاورزی تکیه داشت که گاهی هم از سرف بودن آنها استفاده می‌شد. کشاورزان آن‌قدر زیاد و مطیع بودند که لزومی به یافتن وسایل جدید تکنیکی احساس نمی‌شد.

همین وضع را در اسپانیای متحد شده می‌بینیم. بی‌شبهه شاهان کاتولیک و پس از آن، فیلیپ دوم در مهار کردن اشرافیت تلاش کردند، لیکن تا مرز جلوگیری از آنها در تصاحب زمینهای بزرگ پیش نرفتند: قوانین تورو[۴] (۱۵۰۵) نظام ماژورا[۵] را صحه گذاشت و املاک بزرگ ارثی بین املاک زیاد کلیسا و املاک سلطنتی جا داده شد. نه اینها و نه آنها غم پیشرفت کشاورزی را نداشتند. افزایش درآمد در ارتباط با افزایش پیوستهٔ قیمتها در سراسر سدهٔ شانزدهم به سود اجاره‌داری و زندگی پر از بطالت زمینداران که در املاک اربابی، در روستاهای نکبت‌زده، و یا در خانه‌های مجلل شهری سکونت داشتند تمام می‌شد. این وضع سرمایه‌گذاری مفید را به‌دنبال نداشت. کشت گندم در زمینهای مستا و تولید ابریشم در اندلس برای بازرگانی بسیار سودآور بود. در این دو رشته نیز تکنیکهای کهن رواج داشت. پرواربندی و حقوق مستا پشتوانه نگهداری از زمینهای بزرگ دائر بود که در آن، سهم زمینهای آیشی، گاهی از زمینهای زیر کشت بیشتر بود.

ایتالیا هم درگیر همین نکات مثبت و منفی بود. اشراف در آنجا وول می‌زدند و زمینهای لاتیفوندیا توسعه می‌یافت. لیکن برای اینکه کشاورزی به پیشرفت واقعی دست یابد کاری انجام نمی‌گرفت یا کم انجام می‌شد. و هنوز مردم آن‌قدر زیاد بودند که بشود تمام کارهای کشاورزی را با دست انجام داد.

---

۱. latifundium زمین بزرگی که کارگر کشاورزی برای مالک روی آن کار می‌کند و در محصول شریک نیست.
2. tchiflik 3. Malowist 4. Toro
۵. Majorat دارایی که تعلق به یک عنوان اشرافی دارد و از آن لاینفک است، و از طریق ارث همراه با عنوان اشرافی به پسر او می‌رسد.

بورژوازی، در بخش مدیترانه به کارهای شهری، صنعتی و دادوستد اشتغال داشت و اگر پایی می‌افتاد از کار زمین هم غافل نمی‌ماند. سرمایه و سود بورژوازی برای تقویت کشاورزی هزینه نمی‌شد بلکه برای توسعهٔ املاک و خرید مشاغل وگاهی هم القاب اشرافی خرج می‌شد، و این همان کاری است که آقای برودل آن‌را «خیانت» بورژوازی می‌نامد. بورژوازی از لزوم تغییرات اجتماعی سخن می‌گفت، و این حقیقتی است، زیرا تغییراتی که در سدهٔ شانزدهم رخ می‌دادند «سرعتی غیرعادی» داشتند: لیکن بورژوازی مالک، خائن بزرگتری برای روستا بود زیرا روز به روز دام خود را بر روستاییان تنگتر ساخت و از آنجا عنوان اشرافی خود را به اهتزاز درآورد.

معجزات و تهدیدهای آب: تنها وسیلهٔ افزایش تولید کشاورزی در بخش مدیترانه‌ای، بدون شک کنترل رودخانه‌ها و بهتر کردن شبکه آبیاری بود، زیرا کار زمانگیر دائر کردن زمینهای بایر انجام شده بود و همه زمینهای خوب و تعدادی از زمینهای دیگر مالک داشت. چنانچه در جایی کشاورزی آب باریکی از چشمه‌ای را به باغچه سبزیکاری یا مرتع خود می‌رسانید، این جسارت بندرت نادیده گرفته می‌شد. زمانی‌که در قباله‌های قدیمی زمین از تقسیم فوق‌العادهٔ زمینهای زیرکشت آبی آگاه می‌شویم مقدار سرمایه‌ای را که کشاورزان زمینهای خشک به‌عنوان آب بها، ماده زندگی بخش پرداخته‌اند حس می‌کنیم. عربها در این کار استاد بودند. آنها در آسیای صغیر، در نقاط سرسبز واقع در طول نهرالعاصی (اورونتس)[۱]، ناعوره‌های بزرگ کار گذاشته بودند. اشخاص زرنگی با عنوان فقرا به جست‌وجوی آب در زیر ماسه‌ها و آبرفتهای خشک می‌پرداختند تا واحدهای حاشیه صحرا را سرسبز گردانند. فواره‌ها، باغهای غرناطه و اشبیلیه (سویل) را بسیار دل‌انگیز نموده بودند و این تفننی برای حیاطهای اندرونی ثروتمندان اسپانیا بود. در وگاها[۲] (دشتها)ی شبه‌جزیرهٔ ایبری، فاتحان (مسیحیان) شبکه آبرسانی را توسعه دادند و نظم تقسیم آب را، لااقل می‌توان گفت که حفظ و تقویت کردند. از همان دوران نخستین قرون وسطی، توزیع آب قواعد و قوانینی داشت، و حتی مانند قضیه lasaguas در وگای ولنسیا کار به دادگاه کشید. ایجاد و توسعهٔ کشت پنبه، برنج و مرکبات شهرهای ساحلی شبه‌جزیره، به برکت چنین توزیع دقیق آب بود.

پس از پیروزی بر مسلمانان، اوضاع در جاهایی به نفع گسترش کشتهای آبی بود، گرچه در محلهایی هم آن‌را نابود ساخت. نقل می‌کنند که در پرتغال، در دره‌های نهرهای سبور[۳] و ویلاریسا[۴]،

---

۱. Orontes یا عاصی در لبنان نزدیک رأس بعلبک سرچشمه می‌گیرد و از شهرهای حمص و حماة سوریه عبور می‌کند، وارد انطاکیه در ترکیه شده، نزدیک سویدیه به مدیترانه می‌ریزد.

2. Vega 3. Sabor 4. Villarisa

از شاخه‌های رودخانه دوئرو[1]، به‌هنگام فرونشینی طغیانهای رودخانه، لایهٔ آبرفتی نازکی برجای می‌ماند که بسیار حاصلخیز بود. کشاورزان در آن کشت پرباری داشتند. کشاورزان با استفاده از پیشرفت سریعی که مؤسسات بندری در سده‌های پانزدهم و شانزدهم درکار طناب‌بافی ایجاد کردند به کشت کنف، که از دیرباز آوازهٔ فراوانی داشت، پرداختند. از نمونه‌های دیگری هم می‌توان نام برد. لیکن فتوحات این نظم رویهمرفته کم و تصادفی باقی ماند. غلبهٔ سکانو[2] (زمین خشک و آبیاری نشده ولی قابل کشت) بروگا و هوئرتا[3] (دشت آبیاری‌شده) ظاهراً در اسپانیا عمومیت یافت. در آغاز دوران جدید ما شاهد ساختمان آسیابهای زیادی برای له کردن زیتون و روغنگیری از آن و سایر دانه‌های روغنی و نیز آرد کردن غلات هستیم؛ در حالی که آسیابهای بادی بسیار کم ساخته شد. در همین زمان در هر جا که کارگاه پارچه‌بافی تأسیس شده بود، مثلاً لانگدوک، غلتکهای نمدمالی هم برپا می‌شد.

اما هر اندازه که آب تحت کنترل و خوب توزیع شده سودمند است، به همان اندازه هم خشونت آب وحشی و نیز بی‌حرکتی ماندابها زیان‌آور می‌باشد. کشاورزان که از کنار رودخانه‌های طغیان‌پذیر فرار می‌کردند از زندگانی در مجاورت ماندابهای طاعونزای هم وحشت بیشتری داشتند. زمینهای پست خالی ماندند درحالی‌که ممکن بود به قطعات حاصلخیزی تبدیل شوند. دشت مقدونیه، بخشی از زمینهای ونیز، مردابهای پونتین[4]، اطراف ماندابهای لانگدوک و روسییون، چند آلبوفرا[5] (دریاچهٔ کم‌عمق)، لووان اسپانیا، و دریاچه‌هایی که اطراف آنها را تپه‌ها محصورکرده بودند، به‌صورت مرداب مانده بودند و زمانی‌که مردم دیگر از آب آنها استفاده نکردند، به حالت گذشته خود بازگشتند. برای اینکه چنین مناطقی کاشته شوند به کارگران بسیار زیادی نیاز بود و نیز می‌بایست رهبری درستی اعمال می‌شد. همان‌گونه که آقای برودل تذکر می‌دهد این‌کار زمانی به نتیجه خواهد رسید که «هم ثروتمندان و هم مردمان کاردان درگیر آن شوند.» این‌کار ممکن بود در مواردی نیز ثروتمندان را ورشکست سازد. نمونهٔ آن شخص به نام کلوودو مونکنی[6] بود که بین سالهای ۱۶۰۳ـ۱۶۱۱ برکهٔ پوژو[7] در لانگدوک را خشکانید؛ این عمل پس از اقدام اوگ پلتیه دو سالن[8] در سال ۱۵۸۶ بود که به شکست انجامید ولی سود واقعی این‌کار به جیب برادران شارترو ویلنوو[9] سرازیر شد؛ به‌هرحال

۱. Douro یا دویره، طویلترین رودخانهٔ شبه‌جزیره ایبری، در شمال قسمت مرکزی اسپانیا سرچشمه دارد وارد غرب پرتغال می‌شود، نزدیک اوپورتو به اقیانوس اطلس می‌ریزد.

2. Secano 3. Huerta

۴. Pontine زمین پستی در ناحیهٔ لاتیوم در ایتالیای مرکزی.

5. albufera 6. C. de Montconis 7. Pujaut 8. Hugues Pelletier de Salon

9. Chartreux de Villeneuve

مالکین اصلی از این مکانها برای پرورش گوسفند استفاده می‌کردند، همان کاری که مالکین ثروتمند روم قدیم در مردابهای پونتین انجام دادند.

تهیدستان ساکن لدنون[1] واقع در ایالت گار فرانسه بدون مشارکت ثروتمندان، در سالهای ۱۵۹۲ـ۱۵۹۷ اقدام به زهکشی یک مرداب کردند. این اولین مردابی در منطقه لانگدوک بود که قرار شد که آب مانده در آن «به قطره‌ها و به خشکی برسد». در منطقه رون سفلی، آقای آدام دوکراپون[2] که از کار زهکشی باتلاقهای فرژوس فراغت یافته بود و مأمور بود که در کرو[3] کانالی بسازد که نام او را بر خود داشت (۱۵۷۷)، نتوانست با کمونته‌های تاراسکون و آرل برای خشکانیدن مردابهای آنها به توافق برسد. کارهای بزرگی که در دست اقدام بود عبارت بودند از کارهایی که وان امس[4] هلندی در ناحیهٔ آرل بخوبی انجام می‌داد، که پس از مرگش در سال ۱۶۵۱ متوقف شدند، شکست طرحهایی که به رهبری همفری برادلی[5] انجام می‌گرفت (۱۶۳۰) و به قصد تبدیل برکهٔ مارسی نزدیک دره‌های اود[6] و آرژاندوبل[7] به زمینهای قابل کشت بود دچار همین سرنوشت شد. این‌کارها در سدهٔ هجدهم از نو شروع شدند. تقریباً در همه‌جا چنین اقداماتی، نیمه‌کاره باقی ماندند.

تنها کارهای بزرگ انجام‌یافتهٔ این دوران، کارهای ایتالیاییهاست. در ونیز در پایان سده شانزدهم برای گسترش زمینهای مزروعی و نیز بهسازی آنها کوششهای وسیعی به عمل آمد. دشت پو، که کار روی آن از سدهٔ دوازدهم با کمک بندیکتیان و سیسترسیان آغاز شده بود در سده‌های پانزدهم و شانزدهم به نتیجه رسید و ساختمان کانالهای لمباردی پایان یافت. بیشترین این زمینها زیر کشت برنج رفت، که گویا پیش از پایان سدهٔ پانزدهم از اسپانیا وارد شده بود. این پیشرفت تا حد زیادی مرهون زمینداران سرمایه‌دار و کارگران فصلی بود که از منطقهٔ لمباردی علیا و نواحی آپنن آورده می‌شدند. این دشت گود، اینک با داشتن برنج، کتان و مرتع، یکی از ثروتمندترین نواحی مدیترانهٔ اروپایی شد. در این‌باره لازم است بیشتر از کوشش کارگران بی‌شمار آنجا تقدیر کرد تا پیشرفت صنعتی ایجاد شده. اما با این‌کار چگونه برخورد شد؟ زمانی‌که تارلو در ونیز در سال ۱۵۶۶ نوع تازه‌ای از آیش را پیشنهاد کرد استدلال او فقط آیش نواحی اطراف برشا بود که در آنجا کتان و ارزن، گندم سفید و شبدر بتناوب در زمین کاشته و آبیاری می‌شد. ترکیب پیشنهادی غلات و علوفه از سوی تارلو در دل خود دارای رمزی بود که پرثمرترین انقلاب کشاورزی را باعث می‌شد، اما این ترکیب فاقد برداشت فراوان دانه‌ها بود و همین امر رواج آن‌را مانع شد.

---

1. Ledenon 2. A. de Craponne

۳. Crau دشتی در رون سفلی در شرق کامارگ، در جنوب شرقی فرانسه.

4. Van Ems 5. H.Bradley 6. Aude 7. Argendoublele

بنابراین، بدون اینکه ما توانسته باشیم در اینجا خط سیر کاملی از تکنیکهای کشاورزی را در سرزمین مدیترانه‌ای سده‌های شانزدهم و هفدهم ارائه دهیم، آشکارا می‌بینیم که روحیهٔ نوآوری وجود نداشته است. در هر جا که آبیاری ممکن نبود ثابت بودن کارها قاعدهٔ عمومی است. کشاورزان شرق، آفریقای شمالی، جنوب اروپا دلبستگی خود را به روشهای کهن پیوسته نشان می‌دادند. اینان به گردانیدن آراتوم خود روی زمینهای آیشی ادامه می‌دادند، و این‌کاری بود که وارون[1] یا ابن‌العوام توصیه می‌کرد. آنها خیلی پیش از اینکه اصطلاح dry-farming (دیم‌کاری) رواج یابد نتایج آن‌را می‌دانستند، گرچه از علل آن بیخبر بودند.

برای اینکه نفوذ این سنت بدون عیب و نقص هم از لحاظ زمانی و هم از نظر مکانی متزلزل شود؛ کشورهای مدیترانه‌ای تنها یک راه در پیش داشتند و آن هم روآوردن به تخصصهای جدید و غنی بود. اما زمان آن هنوز فرا نرسیده بود. آغاز دوران نوین اجازه نمی‌داد که بیش از یک تصویر خیالی کمرنگ ارائه دهند، تصویری که در زمانی کم‌وبیش نزدیک، محکوم به نابودی بود.

پیروزیهای کوچک اما درخشان جنوب: این سیستم بظاهر انعطاف‌ناپذیر کشاورزی برای رهایی خود از تکنیکهای سنتی کوششهای متعددی به‌عمل آورد. جهان مدیترانه‌ای که در به‌اصطلاح چهارراه دادوستد بین قاره‌ای قرار داشت، روابط خود را با کشورهای شمال و مشرق اروپا حفظ کرد و دروازه‌های خود را دربرابر نفوذ جهان خارج گشوده داشت. توسعهٔ شهرها و گسترش صنعت (بخصوص بافندگی)، نیازهای نوینی را ایجاد کرد که برخی از آنها را، مثل برخی مواد رنگی: زعفران، روناس و نیل، فقط از طریق فراورده‌های جنوب پرآفتاب، می‌شد برطرف ساخت.

کشف نیل بخصوص در بخش جنوبی فرانسه که به مناطق مدیترانه‌ای نزدیک بود رواج فراوان یافت. چنین می‌نماید که ابتکار وارد کردن این ماده به بازرگانان تولوز تعلق دارد که همزمان با ایتالیا، شمال غربی اسپانیا، لندن و آنورس دادوستد داشتند. این بازرگانان که زمیندار هم بودند احتمالاً در جنوب غربی فرانسه که خاک رسی دارد به کاشت درختچه‌های نیل اقدام کردند. آنها از سدهٔ پانزدهم در خاکهای مرطوب دره‌ها بر روی خاکهای مراتع که با بیل شخم زده شده بودند کاشت نیل را شروع کردند. برداشت محصول که چیدن برگهای درختچه بود از خردادماه تا پاییز به‌طول می‌انجامید. تکنیک تهیهٔ نیل محققاً ازکشورهایی که ازگذشته به تولید آن اشتغال داشتند اقتباس شده است. این تکنیک به طریقهٔ تولید اندیگو بسیار شبیه است؛ بنابراین تصور می‌رفت که از اشتقاقات آن باشد. برگهای نیل را در آسیا خرد می‌کنند و از خمیر آن گلوله‌هایی می‌سازند که در اطراف تولوز به آن Coque یا Coquagne می‌گویند. این گلوله‌ها را بعداً می‌شکنند و تبدیل به گرد

1. Varron

می‌کنند، زمانی‌که گرد را با آب مخلوط سازند تخمیر می‌شود و نوعی مادهٔ چسبندهٔ سیاه به‌دست می‌آید که نام آن در دفاتر بازرگانی آن روزگار pastellum agranatum بود.

نیل رقیبی به نام اندیگو داشت که مانند او به رنگ آبی قشنگی بود. رومیها آن‌را از هند می‌آوردند، هلندیها در سدهٔ چهاردهم نیل را در مقادیر کم وارد می‌کردند. در سدهٔ هجدهم که کاربرد آن عمومیت یافت کاشت نیل از میان رفت.

زعفران رنگ زردی دارد و در داروسازی به‌کار می‌رود. در قدیم در آسیای صغیر، ایران و حتی در کشمیر کاشته می‌شد؛ این گیاه سپس به اسپانیا، ایتالیا، فرانسه و حتی پیش از آخرین پادشاهان استوارت، وارد اسکس و کمبریج شد. زعفران در خاکی سست با بیل کاشته می‌شود و مزرعهٔ آن باید بدقت از گیاه هرز پاک شود. چیدن گل زعفران با دست انجام می‌گیرد کلالهٔ (stigmate) آن‌را جدا و سپس خشک می‌کنند. عمل خشک کردن در زیر آفتاب و یا روی منقل داغ انجام می‌گیرد (کاری که در منطقهٔ گاتینه[1] انجام می‌گیرد که زعفران آن مشهور است).

سرانجام مادهٔ روناس است که در آسیای صغیر و آسیای جنوب شرقی به‌دست می‌آید، در اسپانیا و آفریقای شمالی هم کاشته می‌شود، در آلزاس، آلمان غربی و حتی انگلستان هم وجود دارد. بازرگانان هلند تهیهٔ این رنگ قرمز زیبا را در انحصار خود داشتند و تا آن زمان که دشتهای وکلوز[2] در سدهٔ هجدهم به زیر کشت این گیاه رفت، انحصار روناس را حفظ کردند.

تولید ابریشم بیش از پیش مدیترانه‌ای بود. کرم ابریشم که از چین آورده شده بود بخش بزرگی از آسیای جنوب شرقی را تسخیر کرد، سپس وارد آسیای صغیر و یونان شد. عربها پرورش‌کرم ابریشم را در آفریقا رسم کردند. کرم ابریشم به کمک عربها وارد اسپانیا و سیسیل شد و از آنجا به ایتالیا برده شد که دولت فرانسه از طریق این کشور به راز آن دست یافت. نخستین آزمایشهای پرورش نوغان در فرانسه تا زمان پادشاهی لویی یازدهم «تاریک» مانده است، اما شارل هشتم، فرانسوای اول، هانری دوم و بخصوص هانری چهارم برای اینکه انحصار ابریشم را از چنگ اسپانیا بیرون آورند همه کوششهای خود را به‌کار بردند.

ایتالیاییها تا مدتها از قبول نحوهٔ پرورش نوغان سرباز می‌زدند، لیکن از همان پایان قرون وسطی، ایجاد توتستانها بسیار رواج یافت. غالباً این درختان را بین ردیفهای درختان مو غرس می‌کردند. در پایان سدهٔ شانزدهم کوششهای آنان به ثمر نشست و این موفقیت چنان بود که ژان باتیست لوتلیه[3] در سال ۱۶۰۲ نوشت که «ایتالیاییها چنان خود را در این‌کار غرق کرده‌اند که مشابه اسفنجی

۱. Gatinais منطقه‌ای در حوضهٔ پاریس، فرانسه.

۲. Vaucluse ایالتی مشتمل بر بخشی از اورانژ و بخشی از پروانس، فرانسه.

3. J. B. Le Tellier

شده‌اند که از طلا و نقره اشباع شده است . . . »

فرانسه برای ایجاد توتستانها نیاز به دوران طولانیتری داشت. روستاهای جنوب فرانسه از درختان زیتون، گردو، بادام و انواع میوه مالامال بود و اگر درختان توت نیز در میان آنها کاشته می‌شد به محصولات پیشین زیان می‌رسید.

تشویقهای دربار سلطنتی، نوشته‌های بار تلمی لافماس[۱]، اولیویه دوسر، ژان‌باتیست لوتلیه و نیکلا شوالیه[۲] از اینکه رعیت شاه را قانع سازند که «چنین عطیه‌ای را بپذیرد» عاجز ماندند (ایساک دو لافماس). با این‌همه در اواخر سدهٔ شانزدهم لانگدوک، پس از پروانس و کنتا[۳] (وکلوز جدید) در تولید نوغان شرکت داشت.

پرورش کرم ابریشم، گرچه کاری ساده است، اما نیازمند اصلاحاتی بود. اولیویه دوسر از روش متداول برای خارج کردن شفیره از پیله، در حالی‌که «تخم در زیر بغل یا میان پستانهای مادر است» انتقاد می‌کرد. اما خود او فراموش کرده بود که دربارهٔ طرز اداره تلمبار و دمای مناسب و تهویهٔ آن سخن گوید و در سدهٔ هجدهم بود که معلوم شد بهترین دما برای خروج پروانه‌ها ۲۴ درجه رئومور است.

زمانی‌که پیله‌ها آماده شد تار ابریشم آن‌را باید جدا کرد. برای این‌کار طبق گفته اوژن روئر[۴] «قدری آب گرم و یک زن» کافی است؛ بدین ترتیب کار تارکشی از پیله مدت زیادی طول می‌کشید. در سدهٔ نوزدهم بود که دیده شد لااقل در فرانسه کارگاههای کوچکی برای این‌کار سازمان داده شده‌اند، که بعدها این‌کار تقریباً در همه‌جا رواج یافت. مسافرانی که در سده‌های شانزدهم تا هجدهم از کشورهای آسیایی عبور کرده‌اند تنها با روشهای بسیار ساده، حتی «بدون آب و آتش» برخورد کردند؛ لاس (ابریشم پست) شانتوگ، از پیله‌های تنیده‌شدهٔ حشرهٔ Antheroea Pernyi به دست می‌آید که در هوای آزاد پرورش یافته است. می‌توان تصور کرد که در ویرجینیا هم که در این‌کار خام بودند، همین روش به‌کار می‌رفت. در این منطقه در سدهٔ هفدهم (۱۶۱۹) توتستانهای احداث شده بود و در همسایگی او، ایالتهای جورجیا و کارولینای جنوبی می‌کوشیدند که از ویرجینیا تقلید کنند، ولی هیچ‌یک از این ایالتها در پایان همان سده نه دارای تأسیسات پرورش نوغان بودند و نه ریسندگی ابریشم آن.

۱. B. de Laffemas ۱۵۴۵–۱۶۱۲ اقتصاددان فرانسوی که در عهد هنری چهارم کارخانه‌های متعددی احداث کرد.

2. Nicolas Chevalier

۳. Comtat بخشی از شهرستان وکلوز که درگذشته در قلمرو پاپ بوده است.

4. E. Rouher

تار ابریشم خام می‌بایست عملیات متعددی را بگذراند. برای بافندگی لازم است نخهای بی‌قاعده را جدا کرد، و برای اینکه مقاومت نخ زیاد شود چند تار ابریشم را با یکدیگر تابید. این آماده‌سازی را، تاب مقدماتی می‌نامند، کاری که به توسط دستگاههایی که بسرعت می‌گردد، انجام می‌گیرد. چینیها از مدتها پیش با این تکنیک آشنا بودند، با این همه برخی از پارچه‌های آنها از ابریشم خام بافته شده است. روشهای آنها در همه مناطق تولید ابریشم در آسیا در کارگاههای کوچک روستایی عمل می‌شد. این کارگاهها به مناطق پرورش نوغان و ریسندگی نخ ابریشم بسیار نزدیک هستند. در اروپا، ایتالیا ظاهراً نخستین کشوری است که تاب مقدماتی در آن اجرا شده است. گویا اولین دستگاههای تاب نخ ابریشم در بولونیا بوسیلهٔ شخصی که اهل لوکا[۱] بود در سال ۱۲۷۲ ساخته شد، و از آنجا به مودنا[۲]، سپس آوینیون (در سدهٔ پانزدهم) رفت. ناپل در زمان سلطنت فردیناند دارای صنعت ابریشمی بود که در دورهٔ شارل پنجم فقط ریسندگی آن باقی مانده بود. لیون و پاریس تقریباً در همان زمان دارای کارگاههای ریسندگی نخ ابریشم «filles Soye» بودند. کار تاب مقدماتی همراه با بافندگی ابریشم در سن شامون[۳] و بعد در لیون رواج یافت. این‌کار، به گفتهٔ ناتالیس روندو[۴]، مورخ ابریشم، به همت دو ایتالیایی، یکی کرمونایی[5] (۱۵۳۹) و دیگر فلورانسی (۱۵۴۲) انجام گرفت. سن شامون در سدهٔ شانزدهم در رشته ابریشم، از مرحلهٔ پیشه‌وری گذشت و تبدیل به مرکز این صنعت گردید. کشور سویس به‌دنبال مهاجرت پروتستانها از لوکارنو[۶] به زوریخ در سال ۱۵۵۵ دارای کارگاههای ابریشم‌تابی گسترده‌ای شد. در زمان وزارت کلبر در نزدیکی کوندریو[۷] (واقع در جنوب وین)، و در اوبنا[۸] (واقع در ویواره) یک کارگاه ریسندگی و یک کارگاه تاب مقدماتی تأسیس شد. از این‌پس پرورش کرم ابریشم مورد توجه کارخانه‌ها شد و در هرجا که امکانی فراهم بود به پیش رفت. از آن زمان روستاهای جنوب اروپا سراپا در کار پرورش کرم ابریشم، ریسندگی و تاب دادن نخهای آن برآمدند و این‌کار برای معاش آنها کمک خرجی شد که به آن بسیار نیازمند بودند.

تحقیقی که در بالا در مورد فعالیتها و تکنیکهای ضمیمه به آنها انجام گرفت همچون پوستهٔ

---

۱. Lucca شهری در توسکان، ایتالیای مرکزی، نزدیک دریای تیرنه.

۲. Modena شهری در ناحیه امیلینا، ایتالیای مرکزی.

۳. Saint-Chamond شهری در حوضهٔ لوار، منطقه سن اتین.

4. N. Rondot

۵. Cremona ایالتی در لمباردی در شمال ایتالیا.

۶. Locarno شهری در ایالت تیچینو، جنوب سویس، کنار دریاچهٔ مادجوره.

7. Condrieu 8. Aubenas

نازکی بر درخت ستبر سنتهای قدیمی است. جهان کشاورزی مدیترانه با وجود داشتن بوستانها، درختان میوه، پرورش کرم ابریشم، از زیر بار مسکنت قد راست نکرد. از فلاحان شرق و آفریقا تا کفونیهای (Cafoni) جنوب ایتالیا، کشاورزان کاستیل یا پروانس، همهٔ این رنجبران لجوج روی کج بیل یا آراتوم خود خم شده بودند. آقای کاستون روپنل[1]، گرچه نسبت به‌اهالی جنوب فرانسه قضاوتش کمی ظالمانه است، اما بدرستی اظهار می‌دارد که عقب‌ماندگی و زندگی یکنواخت و کسالت‌بار آنها «بیشتر معلول یک کشاورزی ابتدایی است تا بی‌ثباتی خاک.»

اروپای شمالی و آتلانتیک

عوامل پیشرفت آن: در زمانی‌که اروپای مدیترانه در سده‌های شانزدهم و هفدهم در چارچوب سنن خود پیشرفتهای کوچکی داشت، شمال اروپا جادهٔ انقلاب آیندهٔ خود را هموار می‌ساخت.

نخستین‌عامل تغییردهندهٔ شکل کشاورزی، تراکم جمعیت است. مناطق شمال اروپا که راه عبور و مکانهایی برای مبادلهٔ محصولات بودند، دارای چنان تراکم جمعیتی شدند که از نواحی جنوب اروپا بسیار زیادتر بود. صنعت و دادوستد شهرهای آن‌را توسعه داد و این توسعه که، هانری پیرن[2] تصویری از آن‌را در قرون وسطی ترسیم کرده است، بزرگترین محرک فعالیت کشاورزی بود. این شهرها، که مردمان آنها برای رفع نیازهای غذایی و نیز ماده خام صنایع خود چشم به روستا دوخته بودند، بازارهایی بودند که می‌بایست هر روز و هر سال از پیش تغذیه می‌شدند.

خود تودهٔ کشاورز چنان تراکم یافته بود که برای تغذیهٔ خود در می‌ماند. آنچه که فرانسوا دوبل‌فوره[3] دربارهٔ سرزمین مسطح ایل دوفرانس[4] گفته است: «پر از روستایی و شهرهای بزرگ و روستا، سرزمینی بسیار پرطراوت، حاصلخیز، و پردرخت، آن‌چنان‌که دل را آرزوست» کم‌وبیش در مورد بیشتر اروپای شمالی صدق می‌کند. در موارد احتیاج کشاورز زمین خود را وسعت می‌دهد و زمینهای تازه‌ای از دریا، از کناره رودخانه، از ماندابها و سرزمینهای توربی و ماسه‌های بیحاصل تصاحب می‌کند. شوره‌زارها را حاصلخیز می‌سازد و زمینهای عقیم را تبدیل به باغ می‌کند. کشاورز

1. C. Roupnel

۲. H. Pirenne ۱۸۶۲ـ۱۹۳۵ تاریخ‌نویس بلژیکی، که کارشناس تاریخ قرون وسطی می‌باشد.

۳. F. de Belleforest ۱۵۳۰ـ۱۵۸۳ درام‌نویس فرانسوی، که بعضی از درامهای او مورد استفاده شکسپیر بوده است.

۴. Ile-de-France ناحیه‌ای در شمال فرانسه، بین رودخانه‌های سن، اژن، ان، اواز، اورک. در سدهٔ پانزدهم ایالتی بود که مرکز آن پاریس بود.

برای اینکه حداکثر سود را از زمین بردارد مدتهاست که به مبارزه، به‌کار طاقت‌فرسا و دقیق و به جست‌وجوی هوشمندانهٔ روشهای بسیار مخصوص خو گرفته است؛ حتی آنچه را که غیرممکن می‌نماید ممکن می‌سازد. اروپای شمالی امتیازات دیگری هم بر جنوب آن داشت. دشتهای پهناور آن گاهی از گلهای آبرفتی پوشیده می‌شد، و چنانکه می‌دانیم ترکیب طبیعی این گلها برای کشت غله بهترین کود است. آسمان مه‌آلود که غالباً ابری است چرخهٔ رویش گندمهای آن سرزمین را عقب می‌اندازد و کاربرد انواع بذرهای غلات خشن‌تر از غلات جنوب را ممکن می‌سازد، اما این غلات مقاومتر و دارای بازدهٔ بیشتر هستند. بارانهایی که در تابستان می‌بارد امکان می‌دهد که در جنب غلات زمستانی، جو، یولاف، چاودار، که در بهار بذر پاشی می‌شوند و همچنین گندم سیاه، رشد یابند. اروپای شمالی بدین ترتیب می‌تواند دارای آهنگی از کشت باشد که گرچه درخشندگی کمتری دارد اما بستگی آن به تغییرات جوی کمتر از اروپای جنوبی است. در بخش وسیعی از آن نوعی گردش کشت غله عمل می‌شد که دو برداشت در سال را ممکن می‌ساخت و یک‌سوم زمین در حال آیش می‌ماند. بنابراین در هر تابستان اروپای جنوبی یک برداشت از اروپای شمالی عقب بود و این کمبود تا سدهٔ نوزدهم ادامه داشت.

آب و هوای اروپای شمالی برتریهای دیگری هم داشت. بارانهای متناوب و طولانی، شبنمهای زیاد، بارش برف فراوان برای رویش علف و تقویت جنگل مفید است. در هر قسمت شمال اروپا مراتع فراوان بود و در نتیجه چهارپایان گوشتی زیاد: گوسفندها که پشم زیاد داشتند، خوکها که براحتی چاق می‌شدند، گاوان و اسبان که قوی هیکل بودند. کوشش برای تهیهٔ غذای بهتر این چهارپایان باشند و بدین‌منظور ایجاد مراتع مصنوعی و وارد کردن صیفیجات در چرخه کاشت این امتیاز را بارزتر ساخت.

با وجود گاوان و اسبان قوی‌هیکل، برای جابه‌جا کردن بارهای سنگین اشکالی وجود نداشت. درحالی‌که جنوب مدیترانه‌ای با داشتن قاطر، الاغ و گاو (با هیکلهای کوچکتر) به شخم با آراتوم ادامه می‌داد، اروپای شمالی گاو آهن و خیش به‌کار می‌برد. فقط خیش بود که می‌توانست خاکهای سنگینی را برگرداند، به آن هوا دهد، نیروی غذاگیری آن‌را تجدید کند. آنها خیلی زود آراتوم را کنار گذاشتند و به‌کار شخم اهمیت تازه‌ای دادند. آنها دارای بیل و بیل هلندی (دراز و باریک) بودند که بیشتر مناسب باغداری بود، اما زحمتکشان فلاندر؛ با ابتکار خود از آن برای شخم استفاده می‌کردند.

نمونهٔ فلاندر: اروپای شمالی در حقیقت از همان سدهٔ شانزدهم از نمونه‌ای که کشاورزی فلاندر در اختیارش گذاشت سود برده است، روشی از کشاورزی که در اروپا سرآمد بود. نمونه‌ای که آگرونومها

غالباً به آن مراجعه می‌کنند و مدتها برای تقلید از آن کوشش می‌شد.

تغییرشکل روشهای کاشت در فلاندر به گفتهٔ کنت آدرین دو گاسپارین[۱] «بدون بوق و کرنا در عمق دوران بربریت عمومی» انجام می‌گرفت. این تحول بدون فکر روشن، بدون دکترین، تنها برپایهٔ کار ساکنان آنجا عملی شد. زمین مورد کاشت آنها هم حاصلخیزی کمی داشت. سرزمین فلاندر که بیشتر شنی یا رسی است فاقد آبرفتهای غنی حوضهٔ پاریس و بخش بیشتر نواحی نوو برابان[۲] می‌باشد. لااقل نصف سطح فلاندر، شنی است و بخش شرقی آن‌را زمینهای شنی بیشتری پوشانیده است. فلاندر خاک سبکی دارد که یخبندان به آن صدمه می‌زند اما بسرعت گرم می‌شود. رویهمرفته شخم آن آسان است. جز در محلهایی که این شنها در نزدیکی سطح زمین به یکدیگر جوش‌خورده تبدیل به نوعی توف می‌شوند که خیش از شکستن آن در می‌ماند. این شنها در حالت طبیعی، مانند ریگ روان، آهک و اسید فسفریک کمی دارند، محتوی خرده چوب و خاکهای حاصلخیز است و عقیم بودن خاک آن در مناظر وحشی هنوز مشهود است، این مناظر بخشی از سرزمینهای بین بروژ، اکلو[۳]، رویزسلد[۴]، تورو[۵] را می‌پوشاند. از سوی دیگر در دشتهای مجاور دریا، در جریان آخرین پیشرفت آب، رس فشرده‌ای ته‌نشین شده است. این گل چسبناک که به پا و ابزار کار می‌چسبید کشاورز را ناچار می‌ساخت که برای شخم زدن از مالبندهای محکم استفاده کند. گفته شده است که غالباً برای این‌کار دو مرد دیده می‌شوند که بر روی دسته گاوآهن خم شده‌اند. و مرد سومی بر روی زمین آب می‌ریزد تا خیش در آن فرو رود. این خاک، حاصلخیزی شگفت‌آوری دارد. برای عملی شدن کارکشت این زمینها، فقط لازم بود خندقها و کانالهایی حفر شود تا آب ساکن را به محل آب‌بند هدایت کند که از آنجا وارد دریا شود.

کشتکار فلاندری را نه فقدان حاصلخیزی خاک ماسه‌ای زمین و نه چسبندگی گل آن دلسرد نمی‌کرد. از همان قرون وسطی به همت گماشتن درکار شهرت داشت. هر جا که شخم زدن دشوار بود خاک را با بیل برمی‌گردانید، همان کاری که در باغ انجام می‌دهند. می‌گفتند که بیل «معدن طلای» کشاورز است.

اینک به زمین سبک و نرم‌شده، مخلوط گردیده و هوا دیده می‌بایست رشوه داد. با اینکه به برکت

---

۱. Adrien de Gasparin ۱۷۸۳ـ۱۸۶۲ آگرونوم و مرد سیاسی فرانسه که طرفدار اعمال قوانین فیزیک و شیمی در آگرونومی است.

۲. Brabant دوک‌نشینی در سابق، در مرکز بلژیک.

3. Ecloo 4. Ruysselede 5. Thourout

مراتع سرسبز و زیاد، چهارپایان فراوان بودند، اما کود کافی نبود. به کود حیوانی لجن‌ولای خندقها، گل کانالها، زواید صنایع و چاههای مستراح، کنجاره روغنکشی، خاکروبه خانه‌ها را می‌افزودند؛ این‌کار را از کشاورزان چینی یاد گرفته بودند. دادن کود به خاک، فقط به کمک کارگر انجام می‌گرفت. باید گفت که تغییر اساسی خاک فلاندر به‌دنبال چنین زحمات فراوانی ایجاد می‌شد.

در واقع می‌شد دید که از اواخر سدهٔ شانزدهم، تقریباً در همه‌جا جنگلها، مردابها و زمینهای بایر جای خود را به کشتزارها داده‌اند و روی زمینهایی که از دریا گرفته شده است درختکاری شده و منظرهٔ نوعی کشت سراسری را یافته است که جهانگردان را شگفت‌زده می‌کرد و تا خود امروز هم انسان را به تقلید از آن تشویق می‌کند.

فلاندریها در جنب غلات زمستانی و بهاری، گندم، جو، چاودار، جو دوسر، گندم‌سیاه هم می‌کاشتند و بیش از سایر مناطق اروپا محصول برمی‌داشتند. آنها درخت و گیاهان روغنی میخک، منداب و گلرنگ را به آن می‌افزودند. آنها کشتزارهایی از کتانهای بزرگ و ظریف داشتند که ماده‌ای خام برای صنایع آنجا بود. باقلا، ماش، عدس، نخود، لوبیا کشت می‌کردند. اسبان سنگینی برای کار در مزرعه و نیز چهارپایانی ریز و درشت در مراتع یا در اصطبل پرورش می‌دادند و جهت خوراک این حیوانات بزودی شبدر و شلغم را بومی کردند. این ترکیبات هماهنگ پرورش حیوانات و کشت که به گسترش گام گیاهان کاشتنی بود، گردش عالمانه محصول را ممکن می‌ساخت و زمین هیچ‌وقت استراحت نداشت. فلاندریها با کشتزارهای فراوان و سرسبز، منظرهٔ باغستان را به سرزمینهای خود داده بودند، و در حقیقت از باغ هم کمتر نبودند.

شگفتی‌آور نیست که انگلیسیها هنر کاشتن سبزیجات (لااقل آنهایی را که می‌شد در زمینهای غیر محصور کاشت) را از فلاندریها آموختند. معلوم شده است که در آغاز سدهٔ پانزدهم انگلیسیها پیاز و کلم مصرفی خود را از هلند می‌آوردند. در زمان حکومت هانری هشتم، ملکه کاترین دستور داد که کاهو را از باغداران فلاندری بخرند و این عمل که کشاورزان سوفلک[1] شروع به کاشت زیاد سبزیجات کردند، در واقع تقلیدی از کار هلندیها بود. در سال ۱۶۵۱ رابرت چایلد[2] اعلام داشت که در ساری[3] که جالیزکاری رونق دارد «پیرمردان ادعا دارند که نخستین باغدارانی را که ... برای کاشتن کلم، گل‌کلم، و افشاندن بذر ترب سیاه، هویج‌فرنگی و نیز نخود زودرس آمدند می‌شناسند». او می‌افزاید که در بعضی از محلهای شمال و مغرب انگلستان، واژه‌های باغداری و کج‌بیل باغبانی،

---

۱. Saffolk کاونتی در انگلستان در کنار دریای شمال.

2. R. Child

۳. Surrey ولایتی در جنوب انگلستان، مرکز آن گیلفرد، از ولایت اطراف لندن است.

وسایل معمولی باغبانی به زحمت فهمیده می‌شد. احتمال می‌رود که در این تأخیر تأثیر نوعی رژیم غذایی بریتانیا، بی‌نیازی از گوشت، ماهی، تخم‌مرغ و لبنیات مشهور باشد و شکی نیست که در اروپای شمالی و شمال‌شرقی نیز همین عامل مؤثر بوده است.

باز می‌توان گفت که گیاه رازک از فلاندر در اواخر سدهٔ پانزدهم وارد انگلستان شد. در ۱۵۵۲ این گیاه در نظر ادوارد ششم اهمیت شایانی یافت و در مورد آن مقرراتی را اعلام داشت. در سال ۱۵۷۴ رجیناله اسکات[۱] دربارهٔ کشت رازک، خشک‌سازی و بسته‌بندی آن نکات دقیقی را در رسالهٔ خود: *Perfite Platforme of a Hoppen Garden* آورده است. تا اواخر سدهٔ هفدهم چیزی بر اطلاعات مردم در این رشته افزوده نگشت. در این موقع کنت مرکز تولید رازک در انگلستان بود و از آنجا به سوفلک، ساری و چند کاونتی دیگر نفوذ کرد.

کشت رازک همراه با نوشیدن آبجو رفته‌رفته جانشین سرواز[۲] در مصرف عمومی شد. افزودن رازک به آبجو گویا از اروپای شرقی رواج یافته است؛ آبجوی pianabraga طعم خاص رازک را داشته است. در سدهٔ هفدهم بین سالهای ۱۶۵۶ـ۱۶۹۶ آبجوسازان استراسبورگ افزودن رازک را عمومی ساختند و فروشندگان رازک در آلزاس دیده شدند و حال آنکه تا آن زمان فقط در بولونه[۳]، شامپانی و آراتوا فروخته می‌شد. با این حال دستاوردهای کشاورزی فلاندر در مقایسه با همتی که فلاندریها از خود نشان می‌دادند چیز زیادی نبود. گاهی فلاندریها قدرت خلاقیت و بازوان خود را در خدمت کشورهای خارجی می‌گذاشتند. پروتستانها که مورد آزار و تعقیب دوک آلبه قرار می‌گرفتند کشت شبدر را در منطقهٔ پالاتینا[۴] رواج دادند، که در صد سال بعد، این گیاه از آنجا به باویر و آلزاس وارد شد. باید تذکر داد که مجموعهٔ تکنیکهای آنها سبب شد که فلاندریها سرمشق دیگران قرار گیرند.

موانع موجود در راه پیشرفت و ساختمان کشاورزی: آقای بارنابی گوج[5] در اثر خود با عنوان: *Foure Bookes of Husbandry* (۱۵۵۷)، پس از دیداری که از هلند داشت در مورد مهم شمردن کود و نیز استفاده‌ای که از افزودن مارن (خاک آهکی رس‌دار) و کود آهکی و به‌کار بردن

---

۱. R. Scott ۱۵۳۸ـ۱۵۹۹ مؤلف انگلیسی نخستین کتاب دربارهٔ کشت رازک در انگلستان.

۲. Cervoise آبجویی که در زمان باستان و قرون وسطی مصرف می‌شد؛ از جو یا سایر غلات تولید می‌شد.

۳. Boulonnais ناحیه‌ای در پادوکاله.

۴. Palatinate یا به آلمانی، پفالتس، نام دو ناحیه در آلمان یکی پالاتینای سفلی و دیگری پالاتینای علیا، ساحل چپ رود راین، در شمال آلزاس.

۵. Barnaby Googe ۱۵۴۰ـ۱۵۹۴ شاعر انگلیسی.

خاکستر چوب متصور است تأکید می‌کند. او کشت شلغم را، به روشی که در کلوه انجام می‌گیرد، نه تنها برای روغن آن یا خوراک گوسفندان، بلکه به‌عنوان کود سبز توصیه می‌کند. او کشت شبدر را، که از سواحل بالتیک تا کشورهای رنانظی رواج یافته بود و آن‌را «علف بورگونی» می‌نامیدند، سفارش می‌کند. سرانجام او پایه گذار کشت ترب سیاه در مزارع بوده است. بنابراین نوعی انقلاب در کشاورزی را فرمولبندی می‌کند که در جنب غلات، سبزیکاری و مراتع مصنوعی کشت می‌شد. باز می‌توان گفت که سر ریچارد وستون[1] به فلاندر توجه داشته است. این شخص در سال ۱۶۴۲ در زمان تبعید، هلند را می‌بیند، روشهای کشاورزی آنجا را مورد بررسی قرار می‌دهد، ازآن میان بویژه توجه خود را معطوف کاربرد کتان، شبدر و ترب‌سیاه می‌سازد. وستون در زمینهای خود نوع تازه‌ای از گردش محصول را رایج ساخت که بر پایهٔ کشت گیاهان ریشه‌دار و شبدر بود. گرچه وستون تقلید کننده بدی بود، اما گوج هم شنونده خوبی نبود.

نه‌تنها سنت گرایان و کسانی‌که دارای غرور ملی بودند گوج را ملامت می‌کردند که چرا کتاب خود را «به زبان آلمانی» نوشته است خود رژیم کشاورزی موجود نیز در این ملامتگری شریک بود. اجاره‌داران زمین که مورد تهدید خلع ید ناگهانی و یا از پیش طرح شده بودند به تعالی نظام کشاورزی علاقه‌ای نداشتند. ریچارد وستون در کتاب خود با عنوان (۱۶۴۵) *Discours of Husbandrie Used in Brabant and Flandres* سفارش می‌کند که اجاره‌داری باید طولانیتر باشد و مانند فلاندر تا ۲۱ سال ادامه یابد. سپس پیشنهاد می‌کند که مالک باید به اجاره‌دار، بهای اصلاحاتی را که اجاره‌دار در دهستان او انجام داده است بپردازد. سیموئل هارتلیب[2] نیز نظام اجاره‌داری فلاندر را تحسین می‌کند، و والتر بلیث[3] نیز نحوهٔ تنظیم اجاره فلاندر را می‌ستاید، بلیث اندیشهٔ بالا را تجدید می‌کند تا، به گفتهٔ او، ضرب‌المثلی کاونتی برک[4]، که:

آنکه خراب می‌کند سایه اوست برقرار وانکه بسازد او همی زود کند زده فرار

دیگر استوار نباشد. با این‌همه می‌توان گفت که این امر، مانع اصلی در راه کاربرد تکنیکهای جدید نبود. نظام که بیشترین تعداد اجاره‌دار را ایجاد می‌کرد و هر یک از آنها را به کشت در قطعه کاملاً محدودی ناچار می‌ساخت، مهمترین مانع بود. همه می‌بایست یک نوع بذر را در یک سال معین بکارند و مساحت یکسانی از زمینها را برای آیش در یک فصل معین اختصاص دهند. این

۱. R. Weston ۱۵۷۷-۱۶۳۵ سیاستمدار انگلیسی.

۲. S. Hartlib اصلاح طلب انگلیسی، حدود سال ۱۶۷۰ وفات کرده است.

3. W.Blith

۴. Berck ناحیه‌ای در پادوکاله.

فرمانبرداری روستا، که وجود مراتع بیهوده به آن افزوده می‌شد محصور بودن زمینها را از بین می‌برد، و کشتزارها نسبت به یکدیگر محدود نمی‌شدند، حالتی که انگلیسیها به آن open field (کشتزار غیر محصور) می‌گفتند.

این همزمانی بذرپاشیها و دروها، کشاورزان را به یکدیگر چنان وابسته می‌کرد که «کاهلی یک فرد موجب فلج شدن کار بیست نفر می‌شد». یقین است که نظام با وجود قطعات کوچک زمین، که بسیار زیاد و همیشه پراکنده بودند درک ابتکار را برای کشاورز دشوار می‌ساخت. آنچه که لوسین رومر دربارهٔ «کشاورز ارباب ملک خود، که ابتکار و استقلال کشت خود را حفظ می‌کند» گفته است در کشورهای دارای کشتزارهای غیر محصور تقریباً هیچ‌گاه ارزش کامل نداشته است. وسیلهٔ به پیش راندن تکنیکهای کشاورزی، برعکس، می‌بایست این نوع «یکپارچگی» دهقانان را خرد کند و هرکس در کار خود واقعاً آزاد باشد.

انگلستان سده‌های پانزدهم و شانزدهم در این جهت گامهایی برداشت که نمی‌توان آن‌را نادیده گرفت و این گامها برای پیش بردن کار حصارکشی زمینها بود. بهره‌کشیهای فردی زمینهای حصاردار به هرکس امکان می‌داد که از همه ثمرات کار و ابتکار خود بهره برد. هر قطعه زمینی که با حصار از زمین مشترک جدا شده است می‌تواند با وضع خاک و اقلیم و نیز مقتضیات بازار، خود را منطبق سازد. لیکن برای تحقق بخشیدن به این انقلاب در ساختار روستا و تکنیکهای آن، لازم بود که اکثر مالکین و اجاره‌داران به این کار رضایت دهند.

در اوایل دوران تودور بعضی از حصارها اطراف بخشهایی از روستا را که برای چراگاه اختصاص داده شده بود احاطه می‌کرد و در نتیجه همه یا بخشی از چهارپایان در بیرون از مزارعی که برای کشت غله اختصاص داده شده بود می‌ماندند. دفعات بعد به دور زمینهایی که بتازگی از جنگل گرفته شده بود یا زمینهای بایر یا مردابها حصار کشیده شد. سرانجام زمینهایی از کشت غلات از کشتزارهای غیر محصور جدا شدند تا به مراتعی برای پرورش گوسفند جهت استفاده از پشم آنها تبدیل گردند. این قطعات مرتعی به‌طورکلی به بازرگانان حادثه‌جو *merchants adventures* تعلق داشت که سرمایه‌های خود را روی زمین، معاملات، زمین و سودی که از زمینداری عاید می‌شود می‌گذاشتند که در ردیف کارهای سرمایه‌داری بود.

این اقدامات مخالفتهای شدیدی را برانگیخت. مردمان تهیدست دچار زیان سنگین شدند، عده‌ای زمین خود را و بیشتر آنها امکان کار خود را از دست دادند زیرا دامپروری کمتر از کشاورزی به افراد نیاز دارد. چنین کارهایی فقر به‌بار آورد، گدایی و ولگردی را افزایش داد و در شیپور مهاجرت

گروهی از مناطق روستایی دمید؛ این حالت بخصوص در مناطق غله‌زار میدلند[1] شدید بود. جنبش حصارکشی که در سدهٔ هفدهم در نتیجهٔ جنگ داخلی متوقف شده بود در سدهٔ هجدهم باز شروع شد و این زمانی بود که اصلاحات کشاورزی در همه‌جا می‌جوشید.

تسخیر زمینهای جدید: در همین اوان، انگلستان و بخش بزرگی از فرانسه و اروپای شمالی که توان درهم شکستن ساختار کشاورزی موجود را نداشتند دست به‌کار ایجاد اصلاحاتی در آن شدند. تسخیر زمینهای جدید و اصلاح کردن زمینهای پست، تنها پاسخ به تقاضای روزافزون مناطقی بود که تراکم جمعیت در آنها روبه افزایش داشت.

زمینهای مستعد زهکشی در طول کناره‌های اقیانوس اطلس و حتی دریای شمال کم نبود. به‌طور کلی این همان زمینهای خلیجهای دریایی بودند که پیشروی دریاها ـ فلاندریان ـ به زیر آب رفته بودند. این پهنهٔ مردابی، مناطق بیماری‌زایی را تشکیل داده بود که ایجاد کشتزار یا لااقل مرتع و حتی حوضچه‌های نمک‌گیری در آن امکان نداشت. در کناره‌های آن، که کوشش می‌شد مرز دریا به عقب رانده شود، گاهی باغهای ایجاد شده بین ترعه‌های «دارای آب زلال با جریان آهسته» لغزیده و جلو آمده بودند. شرح بالا نوشته‌ای از هانری ناوار[2] است که در جنگ اونیس[3] و پواتو[4]، زمانی‌که وارد ماران کنار باتلاق سور شده بود یادداشت کرده است. بقیه زمین، گاهی خشک و گاهی مرطوب دارای چند درخت و علفهای زبر و آبهای راکد است. امر زهکشی محل دشوار است اما به زحمتش می‌ارزد. زمین تسخیر شده در واقع بسیار خوب است. روزیه[5] کشیش در جلد دوازدهم کتاب خود: (۱۷۸۸) *Cours d' Agriculture* در مقاله «مرداب» توانست ثابت کند که در «زمینهای گیاهی» که در مردابها ایجاد می‌شوند «در اثر تجزیه و زایش پیوستهٔ جانوران، گیاهان، حشرات و غیره» خاکی ایجاد می‌شود که «بر همهٔ خاکهای دیگر برتری دارد». بین ناحیهٔ لوار و ژیروند[6] گل‌ولای چسبیده به‌هم تشکیل «زمین گلی» را داده است که گرچه کیفیت آن از یک مرداب تا مرداب دیگر تفاوت می‌کند اما حاصلخیزی فوق‌العاده‌ای دارد.

آسانترین تسخیر زمین، به‌دست آوردن آن از دریاست. معمولاً برای این‌کار کافی است لجنهای دریایی به‌اصطلاح «رسیده شده» را با ایجاد بند حفظ کنند. این نوع تنسیق نواحی گود درکناره‌های

۱. Midlands منطقه‌ای در مرکز انگلستان، که حوضهٔ معادن زغال‌سنگ است.
۲. H. Navarre پادشاه ناوار (ایالتی در شمال اسپانیا که اهالی آن بیشتر آن از نژاد باسک هستند).
۳. Aunis شهرستان قدیمی فرانسه، اکنون جز شارانت ـ ماریتیم و دوسور است.
۴. Poitou شهرستان قدیمی فرانسه، اکنون دو قسمت دوسور و اندەووین را تشکیل داده است.
5. Rozier
۶. Gironde ولایتی در جنوب غربی فرانسه.

خورهای اگیبون[1] نزدیک جزیرهٔ نوارموتیه[2] و اطراف خلیج کوچک بورنف[3] از سده‌ای به سدهٔ دیگر بیشتر می‌شد. برای حفظ زمینهای تسخیری (گرچه این‌کار گاهی ناپایدار بود) می‌بایست با دریا و نیز آبهایی که از خلل و خرج‌بند می‌گذشت، مبارزه کنند. تلمبه‌های نوع هلندی کنار مانداب بوون[4]، پیوسته آب اضافی را خارج می‌کردند.

«ماندابهای مرطوب» فقط به‌شکل بالا تسخیر می‌شدند و کاری که برای قابل کشت کردن آنها لازم بود مدتها بوسیلهٔ کشاورزان محل با سرپرستی کشیشها انجام می‌گرفت. در روی زمینهای زهکشی شده، در پشت‌بندهای محکم، شبکه‌ای از کانالها و جریانهای طبیعی اصلاح شده آب وجود داشت. آبی که پشت سد جمع می‌شد از راه آب‌بندها به دریا می‌رفت.

در زمان سلطنت هنری چهارم، کار زهکشی باتلاقها در فرانسه اوج تازه‌ای یافت؛ و در این کار از مدل هلندیها تقلید کردند. هانری چهارم در آوریل ۱۵۹۹ کار را به‌عهدهٔ همفری برادلی، مهندسی از برابان، واگذاشت و عنوان «مسؤول سدها و کانالها» را به او داد. برادلی در سال ۱۶۰۷ برای زهکشی باتلاقها و دریاچه‌های فرانسه همکارانی برگزید. برپایه طرحهای او یا طرحهای همکاران یا جانشینان او که عبارت بودند از: برادران کویمن[5]، وان اوفه‌ها[6]، برادران لاپلانش[7]، وان امس، برادران هوفت[8]، استرادا[9]، برادران کورت[10]، اجرای طرحها از باتلاق پواتو، سنتونژ[11] و اونیس تابر ناحیه‌ای که زمینهای باتلاقی قابل تسخیر بود، پیش رفت. در سده‌های هفدهم و هجدهم در کشورهای سور، باتلاقهای شارانت، ماندابهای ژیروند نزدیک بوردو، لانگدوک سفلی و پروانس، همان‌طورکه دیدیم کارهای بزرگی انجام گرفت. در داخل کشور هم، شدت کار کمتر نبود: دریاچهٔ سارلیو[12] نزدیک کلرمون ـ فران مرکز[13] در اوورنی، مردابهای بورگوا[14] در دوفینه و چند محل دیگر به‌طور کامل یا تا حدودی زهکشی شدند. پس از آن نوبت ماندابهای کنتای ونسین[15] شد و این زمانی بود که آلتن نام ایرانی ارمنی کشت روناس را در دشت وکلوز رواج می‌داد.

بدیهی است که این‌کارها همیشه با یک آهنگ انجام نگرفته است و بعضی از آنها بکرات

---

۱. anse de l'Aiguillon بریدگی هلالی شکل ساحل اقیانوس اطلس، مقابل جزیرهٔ ره.

۲. Noirmoutier جزیره‌ای در اقیانوس اطلس.

3. Bourgneuf 4. Bouin 5. Coymans 6. Van Uffe 7. La Planche 8. Hoeufft 9. Strada 10. Coorte

۱۱. Saintonge ایالت سابق و ناحیه‌ای در غرب فرانسه.

12. Sarlieves

۱۳. Clermont-Ferrand ولایت پویی دودوم، در جنوب شرقی فرانسه.

14. Bourgoin 15. Comtat Venassin

تعطیل شده و از نو دنبال شده‌اند. حتی در عصر جدید ماندگاری آنها فقط از طریق نگهداری و استفاده از وسایل بزرگ، عملی است. لیکن در هرجا که زمینهای جدید به زیر کشت می‌رود زمینداران بزرگ کاخها را برپا داشته‌اند و کارگران بدبخت کوخها را.

تکنیکهای کشت فوراً کشف نشده‌اند و برحسب نوع خاک، اندازهٔ پیشرفت طرح زهکشی و نظام زمینداری متفاوت هستند. آقای ل. پاپی[۱] به‌مناسبت باتلاقهای شارانت و پواتو سفلی این شرایط را بسط داده است. بر روی زمینهای زهکشی شدهٔ سور ولی[۲]، که به کابانهای[۳] وسیع ۱۵۰ هکتار به بالا تقسیم شده است، تعداد زیادی گاو و اسب از مراتع همیشه سرسبز آنجا استفاده می‌کنند. گندم، باقلا، کتان در قطعه زمینهای نزدیک آن روستاها کشت می‌شود و بوسیله انبوهی از کشاورزان سهیم در محصول و کارگران کشاورزی بهره‌برداری می‌شدند. در مردابهای پواتو، دو ثلث از زمینها، زیر کشت هستند و یک ثلث، مرتع می‌باشد. کشاورزان در زمینهای بسیار حاصلخیزی که مدتها در زیر آب شیرین بوده‌اند، با بیل، خاک سطحی را با خاکی که در عمق سه یا چهارپایی است، مخلوط می‌کنند و با این وضع آنها گندم، کتان، شاهدانه به‌دست می‌آورند و رطوبت خاک را با نهرهایی که ایجاد کرده‌اند حفظ می‌کنند. در مردابهای برتون[۴] که به‌طور متوسط فقط سی هکتار در مزارعه بود، کاشت پر حاصل است و آیشی در کار نیست.

اغلب بر روی زمینهای تازه‌ای که با زهکشی به‌دست آمده‌اند حاصلخیزی طبیعی آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بیشتر موارد، چنانچه مواظبتی از زمین نشود خاک قوت خود را بسیار زود از دست می‌دهد. غالباً کشاورز زحمت کوددادن به آن‌را به خود تحمیل نمی‌کند؛ پهن اسب و تپالهٔ گاو که با کاه مخلوط و سپس به‌شکل تخته در زیر آفتاب خشک شده است برای سوخت به‌کار می‌رفت. برای اینکه زمین مردابها، لااقل در جاهایی، به سطح مناسب خود در کشاورزی برسند باید تا سدهٔ نوزدهم انتظار کشید؛ مراتع برای دامپروری مورداستفاده شدید بودند.

انگلستان نیز دچار همین مشکلات بود، والتر بلیث (۱۶۴۹) نوشته است که به گفته لردارنل: این احساس وجود داشت که «وضعیت موجود مردابها تبدیل به مسأله‌ای در سطح ملی شده است». اینک با همه این دشواریها Wapping Marsh در سال ۱۵۴۴ بوسیله کورنلیوس وان در دلف[۵] هلندی خشک شده بود. در دوران هنری هشتم و الیزابت مردابهای کم‌اهمیت‌تری خشک شدند و به زیر کشت رفتند، لیکن هنوز دشت فنز[۶] باقی بود که در آنجا حدود ۷۰۰۰۰۰ ایکر را آب گرفته بود و هوایی «سنگین، مه‌آلود و با بویی متعفن» بر روی آن معلق بود. هشت رودخانه‌ای

1. L. Papy 2. Lay 3. Cabane 4. Breton 5. Van der deif

۶. Fens ناحیه‌ای در غرب و جنوب واش، شمال انگلستان.

که آب آنها به این دشت می‌ریخت، نمی‌توانستند آب خود را به دریا برسانند و پس از هر باران شدید یا مدهای بالا، تمام دشت به دریاچه‌ای کم‌عمق تبدیل می‌شد. تنها چند جزیره مسکونی بودند که صومعه‌های آنها، جزایر را به مناظری زیبا دارای کشت و زرع و درختان انگور، سیب و غیره تبدیل کرده بودند.

برای تسخیر خلیج بزرگ گریت لول[1] از کار فلاندریها سرمشق گرفته شد. کورنلیوس و رمویدن[2] در سال ۱۶۲۶ این‌کار را به‌عهده گرفت و تا حدودی موفق شد، با اینکه پشتوانه او در این‌کار اشراف محل (که در سال ۱۶۳۰ Commissioners of Sewer را تشکیل دادند) و کنت بدفورد بودند. آقای ورمویدن در سال ۱۶۵۲ توانست پایان کار را اعلام کند. اما با این‌همه، آب گاه گاهی سرزمین پیشین را فرا می‌گرفت. علت این امر یا شکستن سد بود و یا اینکه آسیابهای بادی نمی‌توانستند با طغیانهای آب رویارویی کنند و در سدهٔ نوزدهم بود که این مردابها بکلی خشک شدند و زیر کشت رفتند.

انجام دادن این آخرین بخش وظیفه، بسیار آسان نبود. ساکنان پیشین ترجیح می‌دادند که به‌جای چرانیدن گاو و گوسفند «سیخهایی بگیرند و اردکها را پر کنند». گاهی لازم می‌آمد که سربازانی را برای مقابله با آنها اعزام دارند. در حقیقت مقاومت مردم تهیدست ناشی از تنگدستی و جهل آنها و نیز عکس‌العملی بود که از جانب کسانی به محصور کردن زمین، و یا به زیر کشت بردن دهستان علاقه داشتند، ابراز می‌شد. در اینجا نیز کار مربوط به ثروتمندان می‌شد و این عده بیشترین سود را به جیب می‌زدند.

اقدام برای تسخیر زمینهای جدید، اهمیت فراوانی داشت. این امر نشان داد که میل به افزایش زمینهای زیر کشت همه‌جا وجود دارد. وقتی از تغییر عمیق روشهای کشاورزی بازماندند، لزوم داشتن زمینهای بیشتر احساس شد. در حالی که اشراف ـ زمینداران بزرگ ـ مقامات کلیسا، بورژوازی به‌کار زهکشی مردابها اقدام می‌کردند، خرده‌پاها به دهستانها پناه می‌آوردند به خارکنی در گوشه و کنار جنگل سرگرم می‌شدند و یا قطعه زمین خلنگ‌زار کوچکی را پاک می‌کردند. طولی نکشید که این چاره‌سازیها غیر کافی شدند. سدهٔ هجدهم که با نور آگرونومی روشن شده بود، و مواجه با توده‌های روزافزون مردمی بود که غذا می‌خواستند دست به‌کار تجدید نظر کلی تکنیکهای کشاورزی شد و شگفتی‌آورترین انقلاب کشاورزی را فراهم آورد.

1. Great Level 2. C. Vermuyden

۱۰

استخراج فراورده‌های شیمیایی، تحول عمومی شیمی صنعتی

فاصلهٔ بین پایان سدهٔ شانزدهم تا اواسط هجدهم برای شیمی معدنی مرحله بسیار مهمی بود. روشهای استخراج فراورده‌های طبیعی از زمین یا از جانداران و نیز تغییر شکل آنها تحولات بزرگی نیافته بودند، لیکن روشهای سنتی تکامل یافتند و هدف آنها ایجاد چاره‌کاریهای تازه برای نیل به اقتصادیترین روشهای ممکن تغلیظ مقادیر بیشتر مواد، بوده به همین دلیل استفاده از تکنیکهای شیمیایی رفته‌رفته خصلت حرفه‌ای خود را از دست داد و در جریان این دو سده نوعی صنعت واقعی شیمی تولد یافت.

عوامل این تحول: تولید مواد رنگی و رنگینه‌ها، فلزات، شیشه و برخی مواد خوراکی از دیرباز پایهٔ مشاهدهٔ خواص و فعل و انفعالات شیمیایی عناصر بوده‌اند. در جریان همین مشاهدات بود که علم شیمی به‌وجود آمد. جالب است که تا اواسط سدهٔ هفدهم این علم در پیشرفت تکنیکهای صنعتی مربوطه، هیچ‌گونه نقشی نداشت. تعداد زیاد رساله‌های شیمی که بیشتر نویسندگان آنها

آلمانی و فرانسوی بودند، طی این سده فقط تمام عملیات رایج تولیدکنندگان را نقل می‌کردند. جای تردید است که محتوای آنها توانسته باشد روی تکنیکهای آماده‌سازی تأثیری کرده باشد. نویسندگان این رساله‌ها، این عملیات را به سطح آزمایشگاه ارتقا دادند و کاری به روشهای جدید شیمی صنعتی نداشتند. حداکثر اینکه بذرهایی از روشهای نوین در آنها بود. نوشته‌های بازیل والنتین[1] ۱۶۰۴، لیباویوس[2] به سال ۱۶۰۲، گلوبر[3] به سال ۱۶۵۸، تاشنیوس[4] به سال ۱۶۶۸، لمری[5] به سال ۱۶۷۵ که بیش از صد سال خوانده و مورد بحث قرار می‌گرفتند، از همین دست بودند و حال آنکه نویسندگان سدهٔ شانزدهم، بخصوص بیرینگوتچی و آگریکولا هنوز هم آثارشان خوانده و مورد بحث قرار می‌گیرند.

اصول عملیات صنایع شیمیایی در حقیقت تقریباً تغییری نکرده بود. این اصول شامل تکلیس بود که در هوای آزاد یا در ظروف بسته انجام می‌گرفت تا جسم جامد، معمولاً اکسیدها، سولفیدها، نیتراتها، سولفاتها تجزیه شوند، و انحلالها که به دنبال تجزیهٔ دوگانه برای تهیهٔ برخی نمکها، و ظرف به ظرف کردن، صاف کردن و تبلور بود. گرچه تعداد ترکیبات معدنی و آلی شناخته‌شده، در این دوران به مقدار بسیار کمی افزوده شدند ولی فراورده‌های صنایع شیمیایی همیشه ثابت بودند.

اما نباید پنداشت که خود این صنعت متحول نبود. درحالی‌که تکنولوژی طی دو سده تغییری نیافته بود، خصلت این صنعت کلاً تغییر یافت. محتمل است که این تحول در آغاز علل اقتصادی و سیاسی داشته است. تا سدهٔ شانزدهم تمام فراورده‌ها ـ به استثنای فلزی آنها ـ از آن نوع که اکنون به آنها فراورده‌های شیمی معدنی گفته می‌شود بوسیله ونیزیها وارد اروپا شد. اهمیت دادوستد با ونیز برای ایتالیا این بود که صنعتی برای تغییر شکل مواد خامی که از آسیای صغیر وارد آنجا می‌شد ایجاد کرد که معمولاً مواد رنگی بود. ایتالیاییها این مواد را خالص می‌ساختند آنگاه وارد بازار می‌کردند. این رشته فعالیت، مانوفاکتورهای ایتالیا را به ورود در تولید محصولاتی نظیر جوهر شوره، نشادر (آمونیم کلرید)، بوره، جوهر نمک و حتی زاج رهنمون شد، محصولاتی که براساس مواد خام وارداتی یا محلی ساخته می‌شدند.

طبیعتاً این نوع فراورده‌ها بتدریج درکشورهای اروپایی متداول شدند، بویژه در آلمان، که تکامل بسیار یافتند. ساخت فراورده‌های قلیایی بر پایه سود و پتاس تا سدهٔ هفدهم مبهم است. این صنعت به‌طورکلی در اسپانیا و آلمان متداول شد، لیکن ایتالیا در این رشته تا قرن شانزدهم تفوق خود را بر همه کشورهای اروپا حفظ کرد و در نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم بود که وضع تغییر یافت.

اوجگیری نیروی دریایی انگلستان و هلند سبب شد که مرکز تولید فراورده‌های شیمیایی از

1. B. Valentin 2. Libavius 3. Glouber 4. Tachenius 5. Lemery

ایتالیا به این دو کشور انتقال یابد. این جابه‌جایی جغرافیایی بر تکامل تکنیکهای تولید اثر نیکویی داشت. صنایع شیمیایی که در توسعه تولید صنعتی و توزیع بازرگانی مؤثر بودند دارای روحیهٔ نوینی شدند که به شکستن سنن هزارساله گرایش داشتند. در اواسط سدهٔ هفدهم بود که برای تولید بیشتر و ساخت داخلی محصولاتی که از خارج می‌آمد، بشدت کوشیدند تا روشهای کهن را بهبود بخشند.

این نوع صنعت، گویا از اوایل یا ربع اول سدهٔ هجدهم در فرانسه توسعه یافت. تولید اسیدها و فراورده‌های معدنی نخست در فلاندر و پیکاردی متداول شد و پس از اینکه چند شهر دیگر نظیر روان وگرنوبل به این صنایع گرایش یافتند پاریس نیز وارد جرگه آنها شد. صاحبان صنایع در فرانسه روشهای هلندی و انگلیسی را اقتباس کردند اما در تهیه اسیدنیتریک نوآور بودند.

اصلاح روشها: چندین مفهوم علمی که نویسندگان آلمانی این عصر آنها را تعریف کرده بودند، در پیشرفت صنایع شیمی نقشی مؤثر داشتند؛ از آن جمله می‌توان از تعریف اسیدها نام برد که آن را خارج از گروه بزرگ «نمکها» جای دادند و نیز سود و پتاس و آمونیاک را از یکدیگر تمیز دادند. تولیدکنندگان بدین طریق توانستند فراورده‌هایی را که خود می‌ساختند یا از دیگران می‌خریدند بهتر بشناسند و بتوانند روشهای خود را برای به‌دست آوردن فراورده‌هایی که مشخصتر هستند، تکامل دهند. این صنعت هنوز نمی‌توانست مواد خالص یا تقریباً خالصی، مانند مواد امروزی تهیه کند اما توانست به مصرف‌کنندگان موادی را عرضه بدارد که خواص شیمیایی یا فیزیکی آنها تقریباً ثابت بود و تقاضاهای مصرف‌کنندگان مختلف را برآورده می‌ساخت.

تولید مواد مرکب خالص برای آزمایشگاه‌ها و داروخانه‌ها در تیول کارگاههای کوچکی بود که معمولاً شیمیدانان آنها را تأسیس و یا اداره می‌کردند؛ شیمیدانانی که نام آنها در تاریخ علم شیمی مانده است. اینان پزشک و یا داروساز بودند زیرا شیمی در خارج از دانشکده‌های فوق تدریس نمی‌شد. آنان به تقاضای همکاران خود (که معمولاً مراجعه‌کننده‌های مهمی محسوب می‌شدند) ترکیبات معدنی یا آلی مورد نیاز برای تهیه داروها و یا آزمایشهای لازم برای اثبات حکمی و یا بالاخره برای پژوهشها را تولید می‌کردند. کشف نمکهای جدید مانند تارترات دوگانه سدیم و پتاسیم به توسط زینت[1] سولفات سدیم بوسیله گلوبر بی‌درنگ به‌توسط کاشفان آنها، که ترکیب شیمیایی و طرز تهیهٔ آنها را کاملاً محرمانه نگاه می‌داشتند، مورداستفاده قرار می‌گرفت. وانگهی همه صنایع شیمیایی تا پایان سدهٔ هجدهم محرمانه ماند، زیرا در دوران مورد بحث ما یافتن رمز و راز این ترکیبات بسیار دشوار بود.

فراورده‌های دیگر به‌علل گوناگون کمتر تحت تأثیر دادوستدهای بین‌المللی آن دوران قرارگرفتند.

1. Seignette

تولید باروت مثلاً طی سده‌های چهاردهم و پانزدهم امری دولتی بود و با اینکه شوره از هند وارد می‌شد ولی هر دولت درصدد بود که برای تولید آن در خود کشور کارخانه‌هایی برپا دارد. در آغاز سدهٔ شانزدهم استخراج و تصفیه شوره به‌طور صنعتی در همهٔ کشورها به جریان افتاد. تکنیک تولید مخلوط باروت همه جا یکسان بود و در سدهٔ شانزدهم به مقیاس صنعتی رسید. این تکنیک که از راه تجربه به‌دست آمده بود و به‌علت خطرناک بودن محصول بدقت رعایت می‌شد، بنابراین در سده‌های بعد هم تقریباً تغییرناپذیر ماند.

تهیهٔ خمیر کاغذ، به‌دست آوردن مواد روغنی، مومی، مواد رنگی دارای منشأ گیاهی و چندین فراورده دیگر، و نیز شیشه‌سازی درکارخانه‌هایی دور از یکدیگر انجام می‌گرفت. این کارخانه از مواد خام در محل استفاده می‌کردند و در مناطقی تأسیس می‌شدند که یا از لحاظ جریان آب که برای کار کردن چکشهای مکانیکی لازم بود ـ یا نزدیکی با جنگل ـ برای سوخت کوره، یا از نظر کشت محل یا شرایط اقلیمی مناسب باشند. علل بازرگانی نیز چنانچه دشواریهای فنی در کار بود باید درنظر گرفته می‌شد. این تأسیسات با وجود پراکندگی، بسیار متعدد بودند و این حالت سبب می‌شد که روشهای تولید از محلی به محل دیگر نفوذ یابند و طی چند سده تبدیل به روشهای استاندارد گردند. این روشها تا پیدایش صنایع ترکیبی و تجهیزات مکانیکی ادامه یافتند.

اصلاح تجهیزات: با این همه دیده می‌شود که در سدهٔ هجدهم ساختمانهای کلی این تأسیسات متحول شده‌اند. کوره‌های حجیمتر و مقاومتری ساخته شد، گنجایش وسایل تقطیر، دیگهای ظرف به ظرف کردن (دکانتاسیون) و سطوح تبخیر افزایش یافت. برای تأمین جریان و ظرف به ظرف شدن مایعات (که درگذشته غالباً با ملاقه‌های بزرگ دسته‌دار انجام می‌گرفت) و نیز آبجوسازی و امتزاج مایعات و مخلوط کردن، وسایل مکانیکی بسیار ساده‌ای به‌کار گرفته شد. آسیاها محکمتر و قویتر شدند. آنها توانستند با استفاده از میله‌های بادامکداری که از طریق دنده‌های ماردون معکوس می‌گشتند چندین دستگاه چکش مکانیکی را به‌طور مؤثری به‌کار اندازند. در سدهٔ شانزدهم هنوز این چکشها با دست کارگران عمل می‌کردند. وسایل بالابرنده و جابه‌جاکنندهٔ بارها سبب سبک شدن کار کارگران در مانوفاکتورهای شیشه‌سازی شد و تولید سطوح بسیار بزرگ از این مادهٔ بسیار زیبا را ممکن ساخت. دیگهای بخار کاملتر شدند و برای بعضی صنایع داشتن اطاقهای خشک‌کننده با دمای ثابت و قابل تنظیم عملی شد.

این پیشرفت مداوم در روشهای کارخانه‌های شیمیایی که احتمالاً از نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم آغاز شد و بدون هیچ وقفه‌ای تا زمان ما ادامه یافته است، یکی از خصوصیات برجستهٔ تحول

تکنیکهای شیمیایی تا آغاز سدهٔ نوزدهم بود. چنین می‌نماید که تاریخ‌نگارانی که غالباً به شرح اصول کار می‌پردازند تا به چگونگی اجرا، پیوسته به خطا می‌روند. پیدایش کاملاً مصنوعی نوعی انقلاب در صنعت شیمی عملی مربوط به کارهای لاووازیه و شیمیدانان معاصر او، بر اساس همین دید اشتباه‌آمیز مورخان صورت گرفت. در واقع صنعت شیمی تا پنجاه سال بعد از آن تاریخ، هم تحت تأثیر هیچ نظریه‌ای قرار نگرفت. مانوفاکتورداران که در نظریات متوالی ابرازشده طی سده‌های گذشته، هیچ چیز تازه‌ای نیافته بودند، نیازی احساس نمی‌کردند که به اصول نوین شیمی مراجعه کنند مگر اینکه نسل تازه‌ای در مکتب آنها پرورش می‌یافت. در واقع می‌بایست تا سالهای بین ۱۸۴۰ ـ ۱۸۵۰ منتظر بود تا نوعی آموزش حقیقی تکنولوژی شیمی شکل بگیرد و به‌بار نشیند. لیکن این بدان معنی نیست که پیش از این تاریخ، صنعت از اکتشافات دانش شیمی سودی نبرده بود. در پرتو پیشرفتهایی که از یک سدهٔ پیش در ساختن تجهیزات و وسایل صنعت ایجادشده بود، صنعت شیمی مواد و ترکیباتی را که کشف می‌شد در کوتاهترین مدت در مقیاس بازرگانی تولید می‌کرد. برای اثبات این ادعا می‌توانیم از تهیه کلر نام ببریم.

روشهای ساخت صنعتی

صنعت فراورده‌های کانی: عادت شده است که روش لبلان در تهیهٔ کربنات سدیم را سرآغاز صنایع بزرگ شیمیایی به‌شمار آورند. پاول بود[1] یکی از مورخان نخستین تاریخ شیمی می‌نویسد «از اولین ربع سدهٔ نوزدهم، کارخانه‌های تولید کربنات دوسود به طریقهٔ لبلان مایل بودند که پدیدهٔ اقتصادی تمرکز را که اینک «تمرکز عمودی و تمامیت» تعریف می‌شود به معرض نمایش بگذارند. در این پدیده کارگاههای متعدد یک مجتمع در محلهای تهیهٔ مادهٔ خام، که معمولاً از خاک استخراج می‌شود تحت یک رهبری مجتمع می‌شوند و محصولاتی که یکی از دیگری به‌دست می‌آیند، تولید می‌کنند.» بدون تردید پیدایش پدیدهٔ لبلان و تعداد دیگری از این دست، طبیعت تولید شیمی صنعتی را تغییر داد و تحرک تازه‌ای به آن بخشید؛ اما به‌نظر می‌رسد که جملات نقل‌شده از پاول بود را می‌توان برای همهٔ رشته‌های شیمی صنعتی ربع اول سدهٔ هجدهم تعمیم داد و به‌جای تولید کربنات سدیم، اصطلاح اسیدنیتریک را گذاشت. همین نویسنده زمانی که از «شیمی فرانسه در سال ۱۸۰۶» سخن می‌گوید چنین اظهار می‌دارد: «صنعت بزرگ شیمی با برپا شدن کارخانهٔ تولید اسید ویتریولیک[2] (اسید سولفوریک) اوکر[3] و کربنات سدیم لبلان تولد یافت.» کارخانهٔ اسید ویتریولیک اوکر حدود سال ۱۷۶۶ در روان تأسیس شد. اطاق سربی را اوکر در فرانسه رواج

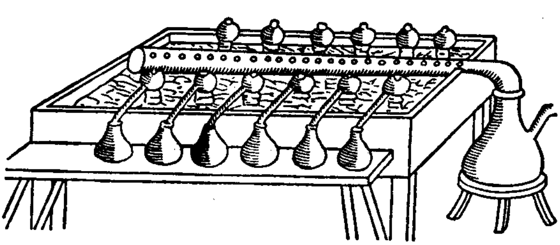
1. Paul Baud 2. Acide vitriolique 3. Holker

داد. اما تولید و مصرف این اسید در فرانسه هنوز کم بود، زیرا روش تازه در مختصات صنعت شیمی تغییراتی وارد ساخته بود.

در واقع در آن زمان ساخت اسید نیتریک با غلظتهای مختلف بدنهٔ اصلی صنعت شیمی را تشکیل می‌داد و این صنعت حدود نیم سده پایدار ماند.

اسید نیتریک: از اسید نیتریک در سدهٔ شانزدهم برای جداسازی طلا از نقره استفاده می‌شد. اسید نیتریک را از شوره به‌دست می‌آوردند؛ بدین طریق که سولفات آهن یا زاج را در حالت گرم روی شوره اثر می‌دادند. این طریقهٔ تولید نشان می‌دهند که شوره مصرفی خالص بوده است. به ترکیبی از دو ماده، کمی ماسه، آهک و یا سفال شکسته می‌افزودند؛ ماده به‌دست آمده را در یک شیشه کوچک درب‌دار می‌ریختند. این شیشه‌ها را در کوره آهکپزی می‌گذاشتند که می‌توانست دو ردیف از این شیشه‌ها را که هر ردیف چهار تا شیشه بود در برگیرد. این شیشه‌ها را تا گردن در خاک یا خاکستر، که سبب پخش گرما و جلوگیری از ترک‌برداری شیشه می‌شد، قرار می‌دادند. از درپوش شیشه‌ها لوله‌هایی خارج می‌شد که همین تعداد شیشه‌های مایع‌کننده، که بر روی سکویی خارج از کوره قرار داشت، متصل بودند (شکل ۱). همهٔ اتصالات بدقت آب‌بندی می‌شدند. حرارت نخست معتدل بود تا مادهٔ خام درون شیشه‌ها خشک شود، سپس هر شش ساعت به شش ساعت حرارت را زیاد می‌کردند. گازهای نیترو بوسیله آب تبلور نمکها، به خارج کشیده می‌شد. هر وقت رنگ محصول تقطیر نشان می‌داد که تجزیه به‌پایان رسیده است، حرارت را بتدریج کم می‌کردند.

روش سولفات آهن باز بوسیلهٔ گلوبر شرح داده شده است. این روش بدون شک تا آغاز سدهٔ هجدهم، تنها روش مورداستفاده برای این تولید بود. انگلیسیها و هلندیها گویا تا زمانی بسیار بعد هم از این روش سولفات آهن استفاده می‌کردند؛ اما در فرانسه روش آلومین جای آن را گرفت. در سدهٔ پیش تولیدکنندگان اسید نیتریک گمان می‌بردند که بازده تولید با روش آلومین از بازده آن با سولفات آهن کمتر است. کمی پس از آن نظر مخالف غلبه یافت بدون اینکه معلوم شود که



شکل ۱.کورهٔ تقطیر اسید نیتریک در سدهٔ شانزدهم (از نظر بیرینگوتچی)

بر پایه کدام مشاهدات این تغییر عقیده ایجاد شده است. بدیهی است که کار آزمایشگاهی در این عمل بی‌تأثیر بوده است. محتوای کتابهای شیمی شامل دستورهای نسخه‌مانندی هستند که مؤلفان آنها از عمل‌کنندگان دریافت داشته‌اند. گویا تغییرات در روشهای سنتی در نتیجهٔ ایجاد بازار بهتر و تقاضاهای بیشتر بوده است.

درحقیقت اسید نیتریک فقط برای عیارسنجی طلا به‌کار می‌رفت و طی سده‌های متوالی مصرف صنعتی آن کم بود. طریقهٔ تولید این اسید به‌شکل پیوست روشهای متالورژی برای تصرف در فلزات گرانبها درج می‌شد. رفته رفته صنایع دیگری، مصرف بیشتر این اسید را شروع کردند. علاوه بر زرگران و تمیزکنندگان فلزات، کارگران دیگری هم که در رشته‌های دیگر فلزی (مثلاً ریخته‌گران و سازندگان دیگ بخار) کار می‌کردند، برای تمیز کردن قطعات، آن را به‌کار می‌بردند، صحافان نیز به همین منظور از آن استفاده می‌کردند. رنگسازان براده‌های قلع را در آن حل می‌کردند تا جلای رنگهای قرمز دانه، و همچنین رنگ پوست و چرم را جلا دهد؛ در کلاهدوزی از آن برای از بین بردن چربی از کلاه و واکس زدن چرم و آماده‌سازی رنگینه‌ها و در گراوورسازی به‌عنوان دندانه استفاده می‌کردند، دشوار می‌توان پذیرفت که چون اسید نیتریک به قیمت بسیار نازل و غلظتهای کاملاً معینی دادوستد می‌شد و یا اینکه چون تقاضا برای خرید آن افزایش یافته بود تولید آن نیز افزایش یافت. محتمل است که در مورد اسید نیتریک طی دو سدهٔ مورد بحث تأثیر متقابل عرضه و تقاضا وجود داشته است و این امر به‌آهستگی تولید آن را متحول ساخت و بالاخره شروع غلظت عمودی آن بود که سبب شهرت و آمادگی ساختمان این صنعت بزرگ شیمیایی در سدهٔ نوزدهم شد.

کاربرد آلومین به‌عنوان مادهٔ اولیهٔ ارزان محققاً منجر به تجربه سنتی و تعداد زیادی آزمایشهای کورکورانه شد. معلوم بود که همهٔ خاکهای رس خالص و مناسب این کار نیستند؛ بویژه خاکهای دارای پیریت، رسهای آبی یا خاکستری که سفالگران از آنها کوره‌های قابل حمل می‌ساختند. در فرانسه برای تولید اسید نیتریک از خاک رس دهستان ژانتیلی استفاده می‌شد که به محل کارخانه نزدیک بود.

شوره‌های تصفیه‌شدهٔ لازم برای تولید کلان این اسید فراهم بود. شورهٔ سرخ پخت اول و مادر در آبهای تبلور نخست که محتوی مقدار زیادی نمک دریایی نیتراتهای قلیاییهای خاکی و منیزیم بود به‌کار گرفته می‌شد. این مادر آب را بر روی مخلوط خاک رس و شورهٔ سرخ می‌پاشیدند. گاهی هم آب مانده از تقطیر اسید نیتریک برای این کار مورداستفاده قرار می‌گرفت.

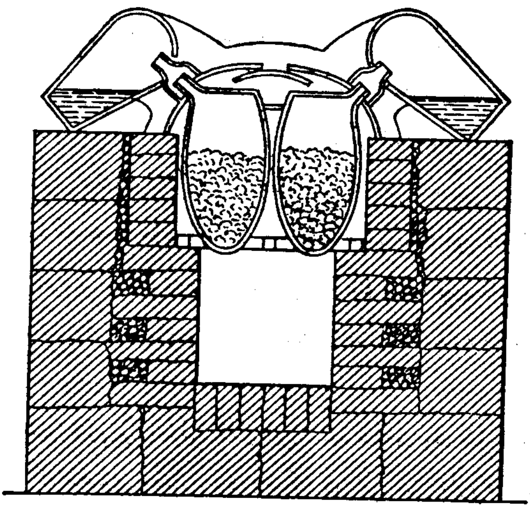
تحولات بسیار مهمی روی تأسیسات تقطیر عملی شد. عنوان صنایع بزرگ شیمیایی با این

تأسیسات پدید آمد. هرچند که اصول کار تقطیر تغییری نکرد اما کوره‌ها را بسیار بزرگتر می‌ساختند. در فرانسه به این کوره‌ها نام جهنم (galére) داده شده بود و مشخصات کاملاً معینی داشتند. مخلوط مورد تقطیر را در ظروف گلی به نام Cuine می‌گذاشتند. در بالای این ظرف لوله‌ای بود که با دیگهای سفالین که تیزاب (اسید نیتریک) در آنها جمع می‌شد راه داشت (شکل ۲). این مواد و وسایل کاملاً استاندارد بودند. در اواسط سدهٔ هجدهم یک کارگاه سفالگری در ساوینی[۱] نزدیک بوده تقریباً انحصار تولید اسید نیتریک را داشت.

با تغییر دادن طریقهٔ ادارهٔ تقطیر و خالص‌سازی بعدی محصول، سه نوع اسید نیتریک به‌دست می‌آمد که بر پایهٔ درجهٔ غلظت و نیز خلوص، بویژه مقدار اسید کلریدریک آن تقسیم‌بندی شده بودند.

دو ماشی[۲] که برای آکادمی علوم فرانسه L'art du distillateur d'eaux-fortes (حرفه تقطیرکننده اسید نیتریک) را تهیه کرده است، در سال ۱۷۷۳ می‌نویسد: «روش تقطیر اسید نیتریک بر پایهٔ خاک رس بسیار جدید است و می‌توان آن را اختراعی از فرانسه دانست».

تولیدکنندگان اسید نیتریک در فرانسه روش سولفات آهن را کاملاً رها نکردند؛ تقطیر روی کوره‌های چدنی در انبیقهای آهنی صورت می‌گرفت که روی سکوهای خاکی قرار داده می‌شدند



شکل ۲. برش عمودی یک جهنم؛ ظروف گلی و دیگهای سفالین سدهٔ هجدهم (De Machy, Art du distillateur d'eaux-fortes)

1. Savigny 2. De Machy

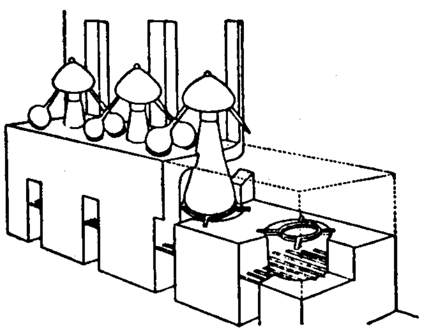
(شکل ۳). اسید نیتریک که با نام جوهر شوره فروخته می‌شد در شیشه‌های گردن‌درازی در دسترس بود. این روش هلندیها بود که در شمال فرانسه رواج داشت.

اسید نیتریک دودکننده به‌مقدار کم برای برخی کارها مورداستفاده قرار می‌گرفت. برای تهیهٔ آن اسید سولفوریک را روی شورهٔ تصفیه شده اثر می‌دادند.

حول‌وحوش تولید اسید نیتریک در پایان سدهٔ هفدهم، بتدریج مجتمعی از کارخانه‌های جنبی تأسیس شدند که از همان مواد خام لازم برای تولید اسید نیتریک و یا از محصولات جنبی آن تولید استفاده می‌کردند.

جوهرنمک: یکی از فراورده‌های بزرگ صنایع شیمیایی تولید جوهر نمک (اسیدکلریدریک) بود. طرز تهیهٔ این اسید شبیه طرز تهیه اسید نیتریک بود. مادرآبهای مانده از تقطیر اسید نیتریک را روی خاک رس می‌ریزند و اثر می‌دهند. این مادرآب چیزی جز محلول غلیظی از نمک دریا و کلرورهای فلزات خاکی نیست. تولیدکنندگان اسیدکلریدریک، از زرادخانه‌ها، مادرآبهای مانده از تصفیه شوره را می‌خرند، بنابراین مادهٔ خام مورد نیاز اسیدکلریدریک و اسید نیتریک از یک محل خریده می‌شود.

عملیات تولید اسیدکلریدریک در همان وسایلی انجام می‌گیرد که اسید نیتریک تولید می‌شود؛ در ظرفهای گلی و روی جهنم. برشهای مختلف تقطیر که به‌طور جدا جدا جمع می‌شوند درجاتی از غلظت اسیدکلریدریک دارند که بتدریج کم شده است. عیناً مانند کار تولید اسید نیتریک، برای تهیه اسیدکلریدریک نیز از تأثیر نمک دریا یا بر روی زاج سبز (سولفات آهن)، یا اسید سولفوریک غلیظ استفاده می‌شود.



شکل ۳. کوره و انبیقهای ویژهٔ تقطیر اسید نیتریک، به روش هلندی (دو ماشی) در طرف راست، مقطع کوره نمایانده شده است.

محصولات جنبی: یک ردیف تمام فراورده‌های جنبی در کارخانه به‌دست می‌آمد که یا به بازار فرستاده می‌شد، و یا اینکه برای تولید مواد دیگر مورداستفاده قرار می‌گرفت.

رس پخته‌ای که در ظرف گلی (Cuine) بیرون می‌آوردند برای تهیهٔ سیمان مخصوص، بهترین ماده بود. برای تهیهٔ این سیمان، مادهٔ خام فوق را آسیا و با آهک زنده مخلوط می‌کردند. از این سیمان برای فرش کردن حیاط، انبار و تمام سطوحی که باید آب‌بندی شوند، استفاده می‌کردند. چنانچه این سیمان با شست‌وشو از مواد رنگی خود عاری می‌شد آن را برای زینت در خیابانهای باغ به‌کار می‌بردند.

نوعی گرد سنباده از تأثیر زاج سبز (سولفات آهن) روی شوره به‌دست می‌آمد. این گرد، که از نمکهای آهن غنی است، پس از اینکه خشک و پخته شد مادهٔ قرمز رنگی می‌دهد که با شست‌وشو همه نمکهای محلول‌شوندهٔ آن خارج می‌شود، و تنها گل اخرا (قلقتار) باقی می‌ماند که درصد زیادی ناخالصی دارد. قلقتار را نیز مستقیماً به روش حرارت دادن سولفات آهن به‌دست می‌آوردند.

چنانچه آب این گرد سنباده را به ظرف دیگری انتقال دهند، آهنی که در آن محلول مانده است به کمک محلول قلیایی پتاس رسوب داده می‌شود، این رسوب سولفات پتاسیم است. اگر همین کار با محلول قلیایی سود انجام شود، نمک گلوبر (سولفات سدیم) به‌دست می‌آید. سرانجام مانوفاکتورها به‌عنوان مکمل این ردیف تولیدات، نمک زینت (تارترات دوگانه سدیم و پتاسیم) را تولید می‌کردند. برای این کار کرم تارتر (تارترات پتاسیم) را معمولاً مونیلیه تهیه و یا از آلمان وارد می‌شد، با محلولی از سود عمل می‌کردند. همهٔ این نمکها فقط مصرف دارویی داشتند و با اینکه به‌مقدار زیاد مصرف می‌شدند نیازی به تولید کارخانه آنها نبود چون هرکس می‌توانست آنها را به‌آسانی و ارزان تولید کند. مثلاً سولفات پتاسیم که در آلمان مستقیماً از اثر پتاسیم بر روی زاج سبز (سولفات آهن) تهیه می‌شد چنان ارزان به فروش می‌رفت که تقطیرکنندگان اسید نیتریک تولید آن را رها کردند. دیگر نمکهای قلیایی و اکسید منیزیم در محل تولید می‌شدند؛ کارگران استخراج نمک در مناطق ساحلی لورن، انگلیس و فرانسه بدین کار می‌پرداختند.

از مادرآب نیتر (یعنی آب تصفیهٔ شوره) مربوط به پخت اول و دوم، همان‌طورکه دیده شد، مادهٔ خام مورد نظر تولیدکنندگان اسید نیتریک یا اسیدکلریدریک هم بود، منیزی سفید به‌دست می‌آوردند. این ماده در مادرآب رقیق شده با آب، با کمک محلول قلیایی پتاسیم، ته‌نشین می‌شود.

استخراج نمک: توضیح روشهای استخراج نمک از نمکزارها بیهوده است، زیرا طی دوران مورد بررسی ما هیچ تحول خاصی نداشته است.

نمک سنگی از رگه‌های معدنی موجود در لهستان، آلمان، فرانش‌کنته استخراج می‌شد. این استخراج بر پایهٔ روش قدیمی بالاآوردن آب نمک بوسیلهٔ سطل یا ناعورهٔ کاسه‌دار بود. در سدهٔ هجدهم تلمبهٔ کاسه‌ای (تلمبهٔ زنجیره‌ای) به‌جای آن رواج یافت. خالص‌سازی این نمک با تبلورهای متعدد انجام می‌گرفت. طرز ادارهٔ آتش در موقع جوشانیدن آن تنظیم دما برای تبلور، سرریز کردن مادرآب، مهارت سنتی لازم داشت، کاری که اجرای آن سبب مرغوبیت محصول بود. نمک را روی یک سطح شیب‌دار می‌گذاشتند تا آب آن قطره‌قطره خارج شود و روی آتش ملایمی به‌شکل نان خشک شود. از سدهٔ شانزدهم به بعد از ساختمانهای پلکانی نیز استفاده می‌کردند و این بناها تا سدهٔ نوزدهم به‌کار می‌رفتند. این بناها به‌شکل اهرمهایی بودند که از سبدهای کاه یا شاخ و برگ ساخته می‌شدند، که محلول غلیظ نمک را روی آن می‌ریختند و بلورهای نمک روی این سبدها تشکیل می‌شد.

همهٔ این کارها نشانی از دانش ژرف کارکنان نمک از محلولها با خود داشت و استفاده از خواص فیزیکی آنها پیش از آنکه به نوشتن درآیند. جالب است که این قوانین حاکم بر نمکها را خیلی پیش از اینکه بوسیله فیزیکدانان و شیمیدانان فرمولبندی شوند کارکنان مربوطه به‌طور دقیقی در عمل مورداستفاده قرار می‌دادند. مردان آزمایشگاه بدون این تجربیاتی که طی سده‌ها متراکم شده بودند بدون شک نمی‌توانستند هیچ‌گاه حدس بزنند که در این موارد می‌توانند قوانینی به‌دست آورند. تولید شوره مانند نمکهای متعدد دیگری که در بالا ذکر آنها رفته است مستلزم شناخت بسیار پیشرفته‌تری است، زیرا مثلاً پدیده‌های تجزیهٔ دوگانه را مطرح می‌سازد که هستهٔ اصلی آن، پیش از آنکه تئوری آن شناخته شده باشد، مورداستفاده قرار می‌گرفت.

شوره: کارهایی که برای تصفیه شوره انجام می‌گرفت بر این اساس بود که انحلال‌پذیری نیترات پتاسیم با افزایش دما، زیاد می‌شود و حال آن‌که از آن کلرور سدیم تغییری نمی‌کند؛ و نیز از تغییر انحلال‌پذیری یک نمک در محلولی از نمک، بویژه انحلال‌پذیری کلرور سدیم در محلولی که از نیترات پتاسیم اشباع شده است استفاده می‌شد. در سدهٔ شانزدهم کار خالص‌سازی شوره در دو پخت متوالی (انحلال، تغلیظ و تبلور) انجام می‌گرفت. سپس شورهٔ پخت دوم را در ظرف سرپوشیدهٔ آهنی یا مسین ذوب می‌کردند، کمی گوگرد روی شوره می‌ریختند که همراه با ناخالصیهای شوره که بالا می‌آمدند می‌سوخت؛ آنگاه می‌گذاشتند تا شوره منجمد شود. روشهای خالص‌سازی تفاوتهایی هم داشتند، اما همگی از اصولی یکسان پیروی می‌کردند، که طی سدهٔ هفدهم کاملاً یکسان شدند.

جنگهای عهد لویی چهاردهم موجب افزایش بسیار تولید شوره در اروپا بود. در فرانسه شوره

بین سالهای ۱۶۹۰ تا ۱۷۰۰ سه برابر شد. این افزایش تولید، تکامل تکنیک آن‌را تسریع می‌کرد.

همه می‌دانند که مدتها قسمت بیشتر شوره‌ای که در باروت‌سازی مصرف می‌شد از هند وارد می‌گردید. شوره‌ای که از سطح خاک جمع‌آوری شده بود با نام شورهٔ خاک معروف بود. دلیل این نامگذاری بهای آن بود که هزینهٔ حمل هم به آن اضافه می‌شد که با درنظر گرفتن وجود حالت جنگی، این هزینه بسیار بالا رفته بود؛ به‌طوری‌که منابع محلی شوره به‌مقدار زیادی استخراج می‌شدند. در کشورهای اروپائی برای جمع‌آوری شوره، همه دیوارهای محلاتی را که رطوبت و نوع مصالح به‌کار رفته باکتریهای شوره‌ساز را تکثیر کرده بودند با مایع کف‌کننده‌ای از خاکستر گیاهان می‌شستند. ساخت صنعتی شوره در سدهٔ هجدهم و بخصوص ثلث آخر آن شروع شد.

در فرانسه فرمانی با تاریخ ۱۱ مه ۱۶۵۸ برای شوره‌سازان آیین‌نامه‌ای را مقرر می‌داشت که نه تنها شامل قواعد کلی در مورد جمع‌آوری، بازرسی کیفیت و تحویل مواد ساخته شده بود بلکه همهٔ جزئیات تولید، حتی اندازه ظرفها و مشخصات درجات شوره‌ای را که باید به زرادخانه ـ که رنگسازان، سازندگان اسید نیتریک، شیشه‌گران، ریخته‌گران شوره خود را از آنجا دریافت می‌داشتند ـ تحویل شود را نیز تعیین می‌کرد. بدین ترتیب همهٔ این شاخه‌های صنعت شیمی واجد شوره‌هایی با کیفیت ثابت می‌شدند و این امر به سود یکسان شدن روشهای تولید و تجهیزات ساخت محصول بود.

محلول دارای شوره را سه بار پشت سر هم می‌جوشاندند، درجریان این پختها نخست ناخالصیهای خاکی بالا می‌آمد و گرفته می‌شد؛ نمک دریا هم از طریق تبلور جزء‌به‌جزء جدا می‌شد. وقتی‌که در اثر جوشیدن محلول به غلظت معینی می‌رسید نمک دریا رسوب می‌کرد که شوره‌سازان آن را «دانه» می‌نامیدند. این نمک را از ته دیگ برمی‌داشتند و روی سبد می‌گذاشتند تا آب قطره قطره خارج شود. این محلول تا این لحظه آن‌قدر غلیظ شده است که در اثر سرد کردن آن، تنها شوره است که متبلور می‌شود. نمک دریا که به‌شکل دانه رسوب نکرده است در محلول باقی می‌ماند زیرا انحلال‌پذیری آن، برخلاف شوره، با تغییر دما کم نمی‌شود. بلورهای شوره را در آب جوش می‌ریزند تا برای بار دوم و بعد بار سوم بجوشند. در پایان این عملیات، محلول را صاف می‌کنند تا آخرین ناخالصیها گرفته شود، آنگاه کار تبلور انجام می‌گیرد.

دیده شده است که شوره‌ها و مادرآبهای هر پخت، کاربرد مخصوص خود را دارند. برای تهیه باروت، شورهٔ پخت سوم را نیز با ذوب کردن و منجمد ساختن، باز خالصتر می‌کنند.

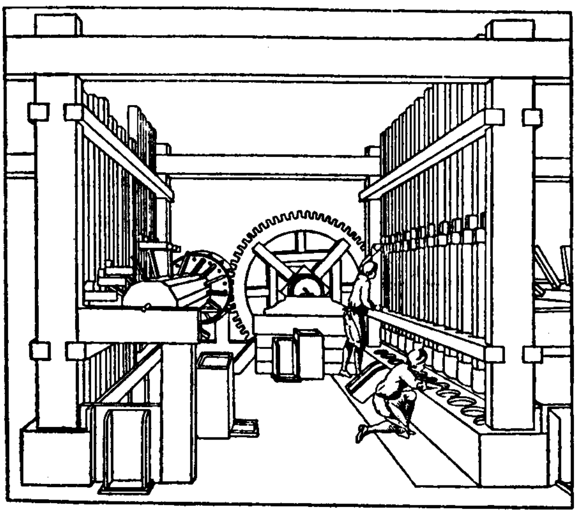
باروت: تولید باروت شامل مخلوط کردن سه ترکیب شوره، گوگرد و زغال چوب است. این عملیات باید به‌طور بسیار دقیقی انجام گیرند تا در جریان کوبیدن بیشترین تأمین وجود داشته باشد. ترکیب

این مخلوط برحسب کیفیت باروت تولیدی (باروت توپ، باروت تفنگهای شکاری، باروت آتش‌بازی، باروت مین) فرق می‌کند. در مورد باروت سلاحهای جنگی باید گفت که برحسب اینکه در توپ، تفنگ قدیمی (فتیله‌ای)، تفنگ کوتاه، تفنگ چخماقی کاربرد داشته باشد چندین نوع باروت تهیه می‌شد.

روش سنتی باروت‌سازی چنین بود که: نخست مخلوط گوگرد و شوره را می‌کوبند و آرد می‌کنند، سپس مقدار لازم زغال چوب و کمی آب به آن می‌افزایند. عملیات در یک ردیف از هاونهای استوانه‌ای انجام می‌گیرند که ته آنها نیمگرد است. روی هر هاون دسته‌ای است که سر نیمگرد دارد (شکل ۴). طی کوبیدن، محتوی یک هاون را به هاون دیگری منتقل می‌کنند؛ بدین‌طریق مخلوط تا آخرین هاون به پیش می‌رود و این برحسب درجهٔ خشک شدن آن است.

باروت را از هاون برداشته آن را برای دانه دانه شدن به محل مخصوصی می‌برند که در آنجا آن را در لاوکهایی می‌ریزند تا خشک شود. آنگاه آن را از یک ردیف سرند می‌گذرانند تا از نظر درشتی دانه تقسیم‌بندی شود، سپس با گذرانیدن از الک، خاکهٔ آن را جدا می‌کنند. در پایان کار صیقل دادن انجام می‌شود.

بتدریج که مقدار تولید افزایش می‌یافت، طی سدهٔ هفدهم، مواد و تأسیسات ساخت باروت تکمیل شدند. بویژه ردیف هاونها بزرگتر و قویتر گردیدند، و نیز همه آنها را میلهٔ بادامکداری، که



شکل ۴.هاون مکانیکی برای ساختن باروت (از: Encyclopedie)

یک چرخ هیدرولیک آن را می‌گردانید، حرکت می‌داد. در سدهٔ شانزدهم ردیف هاونها اکثراً، اگر نه تمام آنها، با دست عمل می‌کردند. پیشرفت این صنعت اساساً در تغییرشکل یافتن این کارگاهها و سازمانهای بسیار سنتی آنها بود و چنین می‌نماید که قواعد مستقر و بسیار اکید این صنعت، حتی بر سازمان تولید اسید نیتریک و بعضی کارگاههای دیگر تأثیر داشته است.

کیفیت باروتی که ساخته می‌شد طبیعتاً بهتر شده بود و روشهای متعدد دیگری جهت تولید باروت برای مقاصد دیگر رواج یافت. مخلوط باروت مخصوص شکار در هاون تهیه نمی‌شد بلکه در شبکه‌های محتوی ساچمه‌های قلعی یا مسی که افقی قرار می‌گرفتند و به دور محور خود می‌گردیدند، به‌دست می‌آمد. گویا این نخستین نمونهٔ استوانه‌های گردان است که بعدها در صنعت شیمی بسیار متداول شد، و قبل از بقیه در تولید سود صنعتی در سالهای ۱۸۶۰ ـ ۱۸۸۰ مورداستفاده قرار گرفت. باروتی که هنوز مرطوب بود دوبار از آسیایی با دو سنگ عمودی که بوسیله اسبگرد (مانژ) عمل می‌کرد گذرانیده می‌شد، سپس آن را به محل دانه‌ای‌شدن، پرداخت و خشک‌سازی می‌بردند.

برای تولید مینها، باروتی با دانه‌های گرد تهیه می‌شد. برای این کار مادهٔ خرد شده را در یک استوانهٔ افقی می‌ریختند این استوانه رطوبت کنترل شده‌ای داشت (شکل ۵). باروت که در اثر گردش در استوانه مخلوط شده بود، اطراف قطرات آب به‌شکل کاملاً کروی جمع می‌شد. با دقت در طرحی که جزئیات تولید را ارائه می‌دارد، می‌توان دریافت که مخترعان و سازندگان این ماده، دانش بسیار عمیقی از کار خود داشتند و دشواریهای این کار را با مهارتی که به تکنیکهای سدهٔ نوزدهم بسیار نزدیکتر است تا طرز کار تجربی و احتیاط‌آمیز پیشینیان خود در سدهٔ هفدهم، از پیش پای برداشته بودند.

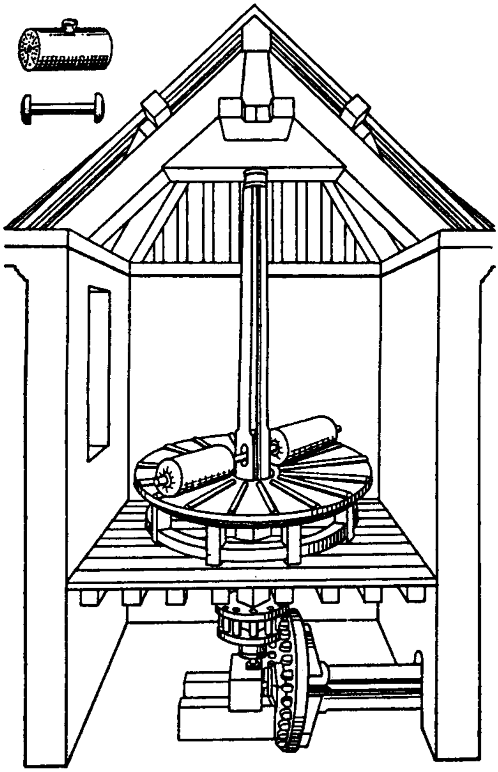
گوگرد و جوهر گوگرد: گرچه از سدهٔ چهاردهم یا پانزدهم، اسید سولفوریک را می‌شناختند اما این اسید تا پیش از نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم در مقیاس صنعتی ساخته نمی‌شد. کاربرد اسید سولفوریک طی سالها به آزمایشگاه‌ها یا داروخانه‌ها محدود شده بود و هزینهٔ ساخت آن نیز بسیار زیاد بود؛ بنابراین ساخت صنعتی آن زمانی شروع شد که پس از کشف عنصر کلر بوسیلهٔ شله[1] مواد رنگبر را شناختند و نیز کارهای برتوله[2] که به اسید سولفوریک به‌مقدار زیاد احتیاج داشتند. در این زمان بود که تولید آن پیوسته تکامل یافته است. درگذشته برای تهیه اسید سولفوریک از دو راه استفاده می‌شد: سوزاندن گوگرد، تکلیس سولفات.

گوگرد خالص در طبیعت بسیار زیاد است و مدتها لزومی به تهیهٔ آن از ترکیباتش درکار نبود.

---

۱. Carl W. Scheele ۱۷۴۲ـ۱۷۸۶ شیمیدان سوئدی.

۲. Louis Berthollet ۱۷۴۸ـ۱۸۲۲ شیمیدان فرانسوی.



شکل ۵.دستگاهی برای گرد کردن باروت. در بالا، سمت چپ، جزئیات مونتاژ استوانه‌ها آمده است. (Encyclopedie)

با این همه طی سدهٔ هفدهم درکشورهایی که گوگرد خالص طبیعی در دسترس نبود به تولید آن از پیریت دست زدند. این کار نخست در ساکس و بوهم انجام شد. و آغاز سدهٔ نوزدهم، که دارتیک[1] کوره مناسبی برای این کار را اختراع کرد در فرانسه از این راه استفاده نشد.

تا آن زمان دو روش بسیار ابتدائی با بازده بسیار کم برای تولید گوگرد از پیریت به‌کار گرفته می‌شد. لیکن مادهٔ خام آن فراوان و محتوی گوگرد زیاد بود. روش نخست به‌دست آوردن گوگرد از راه تقطیر بود. پیریت (ترکیب گوگرد با آهن) را روی بستری از هیزم می‌گذاشتند و چوب را آتش می‌کردند. انباری که زیر آن عملیات انجام می‌گرفت، معبر پرپیچ و خمی داشت که سبب می‌شد بخارهای بالا آمده در ظرف پرآبی وارد شوند و گوگرد در آن ظرف متراکم می‌شد. در روش دوم،

1. Dartigue

گوگرد مایع را جمع می‌کردند. پیریت را روی مادهٔ سوختنی تنگ هم می‌چیدند و گوگرد مذاب که در حفره‌هایی که در کومهٔ سوخت ایجاد کرده بودند، جمع می‌شد و کارگری با ملاقه دسته‌بلند گوگرد مذاب را از حفره‌ها برمی‌داشت.

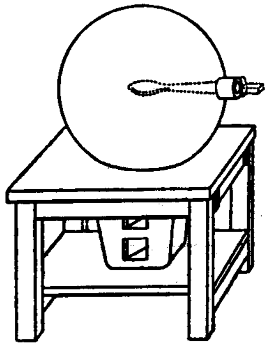
هم اینکه اسید سولفوریک از چه زمانی شناخته شده دشوار است و هم اینکه نخست آن را با چه روشی می‌ساختند. گویا در پایان سدهٔ شانزدهم دو روش: سوزانیدن گوگرد در جوّ مرطوب و پیروژناسیون[1] (ایجاد واکنش شیمیایی به‌کمک حرارت) سولفاتهای طبیعی به‌کار می‌رفتند. لیکن شیمیدانها غافل بودند که زیت یا جوهر گوگرد و زیت یا جوهر زاج یکی هستند. درست است که کمپلکس بودن موادی که در تولید اسید سولفوریک ایجاد می‌شوند، در حدی است که طبیعی بود که تکنسین‌های مربوطه در سده‌های شانزدهم و هفدهم تصور دقیقی از مواد مورداستفاده در کار خود نداشته باشند.

سوزانیدن گوگرد در ظرفی شیشه‌ای به‌شکل ناقوس انجام می‌گرفت و طبیعی است که مقدار زیادی گاز سولفورو ایجاد می‌شد که بیشتر آن به‌هوا می‌رفت و کمی از آن در جوّ مرطوب ظرف با کمک آب، اسید سولفوریک می‌داد. اسید سولفوریک مایع قطره قطره از کنار ناقوس جاری می‌شد و در بشقابی که زیر آن بود جمع می‌شد. ناقوس شیشه‌ای را از بیرون با لایه‌ای از رس می‌پوشانیدند. این ناقوس روی بشقابی، کمی بزرگتر از قاعده ناقوس، آویزان بود. گوگردی که می‌بایست سوزانیده می‌شد در یک نعلبکی در وسط بشقاب گذاشته می‌شد. عمل سوخت به‌علت افزایش مداوم گوگرد، پیوسته بود. این روش در شکل خام خود، همان روشی است که به راههای نوین تولید اسید سولفوریک کشیده شد (شکل ۶). پیش از سالهای ۱۷۴۰ ـ ۱۷۵۰ یک صنعتگر انگلیسی با نام جواشوا وارد[2] نخستین اصلاح را در این تکنیک وارد کرد.

روش پیروژناسیون زاجها هم گران و هم وقتگیر بود. زاج سبز (سولفات آهن) و زاج آبی (سولفات مس) را پس از اینکه در یک قرع شیشه‌ای که در کوره گذاشته می‌شد بی‌آب می‌کردند و آن را مورد تکلیس قرار می‌دادند. گردن این قرع از کوره به‌طور افقی بیرون آمده و به گردن ظرف بزرگ محتوی آب بطانه شده بود. مدت دو یا سه روز حرارت داده می‌شد. طی این عملیات، کمی هم انیدرید سولفوریک تشکیل می‌شد. محصولی که در آب حل شده بود تقطیر می‌شد تا اسید بسیار غلیظی به‌دست آید. آقای شروود[3] تخمین می‌زند که برای تهیهٔ یک کیلوگرم اسید سولفوریک با روش فوق، یک هفته کار لازم بود. اما با این روش، تهیه اسید سولفوریک غلیظ و حتی اولئوم (اسید سولفوریک

---

1. Pyrogenation 2. Joshua Ward 3. Sherwood Taylor



شکل ۶. سوزانیدن گوگرد در یک بالون شیشه‌ای برای تولید اسید سولفوریک. این شکل مرحلهٔ واسطه این صنعت را در نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم نشان می‌دهد، مرحله‌ای میان روش ناقوسی و روش اطاق سربی (De Machy).

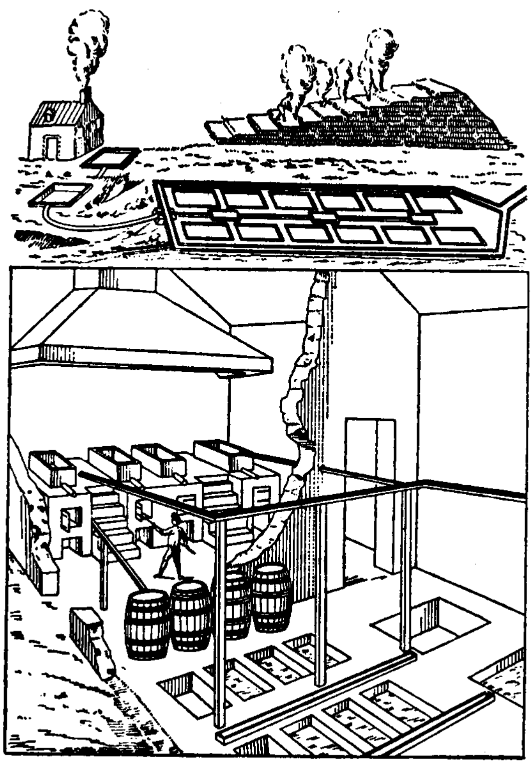
دارای انیدرید سولفوریک) امکانپذیر بود. در سدهٔ هجدهم، کارگاهی در نوردهاوزن[1] در ارتفاعات هارتس[2] در تولید این نوع اسید شهره شد و اکنون هم نوع خاصی اسید سولفوریک به این نام خوانده می‌شود.

زاج: زاج سفید(سولفات دوگانه آلومینیم و پتاسیم) از دیرباز در رنگرزی به‌کار رفته است. تا پایان قرون وسطی، زاج یک قلم تجارتی بسیار مهمی بین کشورهای شرق طالع و اروپا بود. زمانی که ترکها این کشورها را، که زاج به حالت طبیعی در آنها یافت می‌شد، تسخیر کردند، اروپا دچار مضیقه زاج شد. در این زمان بود که استخراج رگه‌های آلونیت (سنگ زاج) در سرزمینهای آتشفشانی ایتالیا شروع شد. آلونیت محتوی درصد زیادی آلومین آب‌دار است که با یک تکلیس سنجیده به آلومین بی‌آب و نامحلول تبدیل می‌شود، بدون اینکه سولفات دوگانهٔ آن تجزیه شود. باقیماندهٔ تکلیس را با آب خمیر می‌کنند و خمیر را محلول می‌سازند و محلول را به ظرف دیگر انتقال می‌دهند. این محلول غلیظ متبلور می‌شود (شکل ۷). این صنعت نخست در هلند و سپس به فلاندر برده شد. در سدهٔ هفدهم مانند تولید اسید نیتریک تحول یافت؛ بدین ترتیب که تأسیسات آن کاملتر و ادارهٔ آن منطقیتر شد.

در همین اوان، در هلند و بعد انگلستان آموختند که شیستها را تبدیل به زاج کنند. شیستها را روی آتش تند هیزم تکلیس می‌کردند، پیریت آهن آنها تبدیل به سولفات فرو می‌شد. حرارت

1. Nordhausen

۲. Harz کوهی در قسمت مرکزی آلمان که بلندترین قلهٔ آن، بروکن ۱۱۴۲ متر ارتفاع دارد.



شکل ۷. استخراج زاج. در قسمت بالا، تکلیس آلونیت و حوضچه‌های ظرف به ظرف کردن دیده می‌شود. در سمت چپ ساختمانهایی که تغلظ و تبلور در آنها انجام می‌شود که تأسیسات درونی آنها در پایین نشان داده شده‌اند (Encyclopedie).

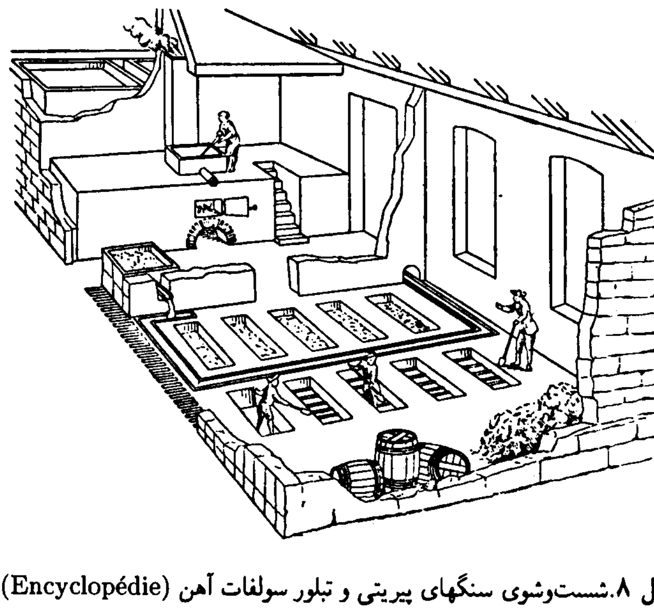
را ادامه می‌دادند تا اینکه تجزیهٔ این ماده موجب تبدیل سیلیکات آلومینیم به سولفات آن شود. سولفات آلومینیم را با شست‌وشو از بقیه جدا می‌کردند و به این مایع شست‌وشو، خاکستر جلبک یا خاکستر همان هیزمی که برای گرم کردن شیست به‌کار رفته بود می‌افزودند. از ادرار تخمیر شده نیز که در آن زمان منبع اصلی نمکهای آمونیاکی بود، استفاده می‌کردند. محصولی که به‌دست می‌آمد یا زاج پتاسیم یا آمونیم بود یا مخلوط هر دو.

روشن است که تئوری این واکنشها کاملاً نامعلوم بود، فقط خصلت قلیایی مشترک در

محلولهای پتاسیم و آمونیاک تکنسین‌ها را رهنمون شده بود. بازده این روشها کمتر از ۱٪ بود، اما مواد خام آن ارزان و فراوان.

نمکهای معدنی: با روشهای مشابهی نمکهای معدنی گوناگونی را به‌دست می‌آوردند یا تصفیه می‌کردند که اصولاً در رنگرزی کاربرد داشت. از شمار این نمکها کافی است که از زاج سبز ($FeSO_4, 7H_2O$) و کات کبود ($CuSO_4, 5H_2O$) نام ببریم که اولی کات مریخ و دومی کات زهره اصطلاح شده بود. درگذشته ازکاربرد سولفات آهن در عملیات مختلف سخن گفته‌ایم. مثلاً در تکلیس پیریت برای تهیه گوگرد، بخشی از پیریت اکسید شده به سولفات تبدیل می‌شود. پیریت طبیعی در رگه‌های معدنی مجاور هوا به‌طور طبیعی اکسید می‌شود. شست‌وشو، تغلیظ و تبلور مجموعهٔ عملیات شیمی صنعتی آن زمان را تشکیل می‌دادند. در سدهٔ هجدهم شیمی صنعتی همچون دیگر صنایع دارای تجهیزات نوینی شد که افزایش تولید وکاهش هزینه و مرغوبیت بیشتر کالا را امکانپذیر می‌ساخت (شکل ۸).

سولفات مس را با همان ترتیب بالا خالص می‌کردند. شماری از ترکیبات معدنی مفید برای رنگرزی از آغاز سدهٔ هفدهم قبل از همه در هلند ساخته شدند. برای نمونه می‌توان از بوراکس (بوره) نام برد که تا آن موقع تنها در ایتالیا تولید می‌شد و کلرور قلع که از حل کردن فلز در اسید



شکل ۸.شست‌وشوی سنگهای پیریتی و تبلور سولفات آهن (Encyclopédie)

به‌دست می‌آمد؛ این نمک پس از اینکه کورنلیوس دربل[1] متوجه خاصیت این ترکیب به‌عنوان دندانه، برای رنگهای ارغوانی قرمزدانه شد، بازار پیدا کرد. تولید ترکیبات جیوه از قبیل شنگرف، سوبلیمه و نیز ترکیبات سرب از قبیل سرنج (Pb_3O_4)، اخرای سرب (ماسیکوت Pbo)، سفیداب شیخ (سروز$_2$($2PbCo_3Pb(OH)_2$)، مردار سنگ (لیتارژ Pbo)، شکر سرب (استات سرب)، که در رنگرزی، ساختن دیگ بخار، زرگری و تعدادی دیگر از حرفه‌ها کاربرد دارند، می‌توان نام برد. روش تولید سفیداب شیخ با اثر دادن بخارهای تخمیر کود تازه بر روی سرب ـ روش هلندی ـ که تا شروع سدهٔ بیستم ادامه داشت در این عصر کشف شد (شکل ۹).

از میان نمکهای مس، زنگار (استات دوظرفیتی مس) در ناحیه مونپلیه تولید می‌شد برای این کار بخارهای ناشی از تخمیر تفالهٔ انگور را بر روی مس اثر می‌دادند، اما هلندیها روشی یافتند که زنگار را مستقیماً از اسیداستیکی که از سرکه تقطیر شده بود به‌دست می‌آوردند؛ تبلور روی ترکه‌های کوچکی که به‌طور صلیبی شکافته شده بودند انجام می‌گرفت.

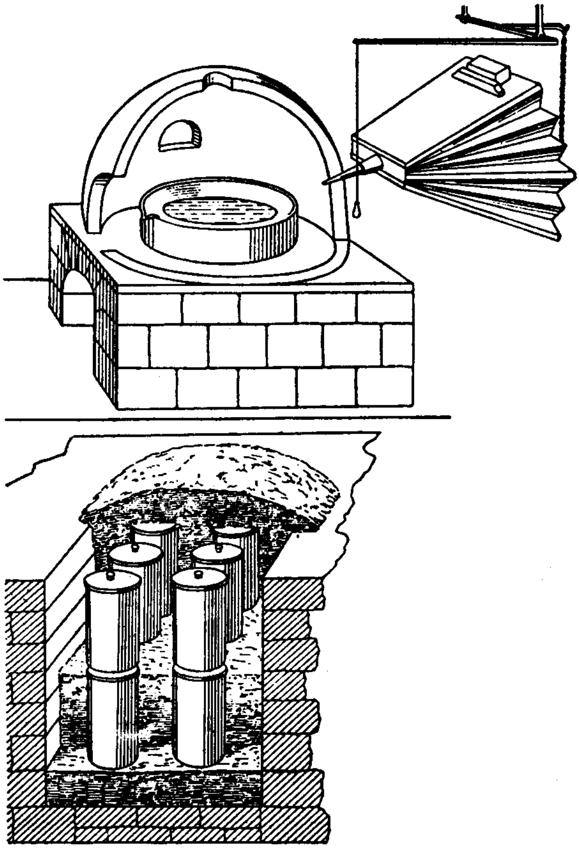
سود و پتاس: فراورده‌های قلیایی در شکل کربناتها خریدوفروش می‌شد. این کربناتها معمولاً از سوزانیدن گیاهان غنی از نظر نمکهای آلی این بازها در هوای آزاد به‌دست می‌آیند. در حقیقت مخلوطی ازکربناتها و نمکهای دیگر نظیر سولفاتها، کلرورها، دو باز قلیایی بالا هستند که در آن نمک سود و نمک پتاس برپایه منشأ مواد خام آن تفوق دارند. ترکیب شیمیایی این فراورده‌ها تا حدود پایان سدهٔ هفدهم شناخته شده نبود. شیمیدانها در این دوران بود که سود را از پتاس تمیز دادند. اما کارخانه‌داران از خیلی پیش تفاوت خواص بین ترکیبات مختلف سدیمی که از محصولات گوناگون به‌دست می‌آمد را می‌شناختند و از آنها برای مقاصد معینی استفاده می‌کردند. طبیعت دقیق سود و پتاس بازی تا سالهای نخستین سدهٔ نوزدهم شناخته نشده بود و این کار از راه الکتروشیمی دیوی[2] انجام گرفت. تولیدکنندگان این دو قلیا در این دوران هیچ طرفی از این کشف نبستند.

گویا استخراج سود گیاهی از دوران سلطه گلها ـ رومیها یا آغاز قرون وسطی عملی می‌شد. این کار در سده‌های پانزدهم و شانزدهم، زمانی که حرفه‌های شیشه‌گری، صابون‌پزی و رنگرزی گسترش یافتند، بیش از پیش اهمیت یافت. نطرون مشهور پلینی، نوعی سزکوی کربنات دوسود ($NaHCo_3, Na_2Co_3, 2H_2O$) بود که ظاهراً در زمان باستان برای تهیه مواد خام لازم برای شیشه‌سازی کفایت می‌کرد. لیکن لازم بود که منابع نزدیکتری از سود را یافت. بیرینگوتچی در سدهٔ

---

۱. C. Drebbl ۱۵۷۲ـ۱۶۳۴ مخترع هلندی؛ جز ابتکار بالا دارای اختراعات چندی در زمینهٔ ساخت ماشینی دائم‌الحرکه، میکروسکوپ، تلسکوپ و دماسنج است.

۲. H. Davy ۱۷۷۸ـ۱۸۲۹ شیمیدان و فیزیکدان انگلیسی.



شکل ۹.در بالا، تولید مردار سنگ(لیتارژ)؛ در پایین، تولید سفیداب شیخ، می‌گویند که این دو روش عملاً تا آغاز سدهٔ بیستم تغییری نیافتند (De Machy, Art du distillateur d'eaux-fortes).

شانزدهم گفت «در شیشه‌گری از خاکستر (علفی به نام کالی) استفاده می‌کنند که این علف در فرانسه کنار رون و ملک اسقفی ماگلون[1] وجود دارد.» انواع گوناگونی اشنان برای این منظور در نواحی اطراف مدیترانه کاشته می‌شد.

در اسپانیا کشت قلیای صابون‌پزی (قلیاب قمی) طی سدهٔ هفدهم اهمیت وافر داشت و سودی که از خاکستر آن به‌دست می‌آمد تا سدهٔ نوزدهم از شهرت زیادی برخوردار بود و آن را

1. Maguelonne

سود آلیکانته (لقنت) می‌نامیدند.

خاکستر جلبکها نیز منبع وسیعی برای سود بود. همه می‌دانند که سوزانیدن جلبک تا سدهٔ بیستم ادامه داشته است، اما حدود اواسط سدهٔ نوزدهم، خاکستر آن را دیگر یک محصول صنعتی به‌حساب نمی‌آوردند.

بزودی فهمیده شد که از تکلیس درد شراب، قلیایی با کیفیت درجه اول به‌دست می‌آید. رنگرزان و شیشه‌گران روی این به‌اصطلاح خاکستر شنی خیلی مطالعه کردند. در جریان تکلیس این ماده، تارترات پتاسیم تجزیه می‌شود و کربناتی مخلوط با پتاس سوزآور (کوستیک) می‌دهد. خواص خاکستر شنی نزدیک به خواص «سود»هایی بود که از غرب اروپا، آلمان، لهستان (بویژه وانتسیک، به گفتهٔ سواری د بروسلون)[1] و روسیه وارد می‌شد.

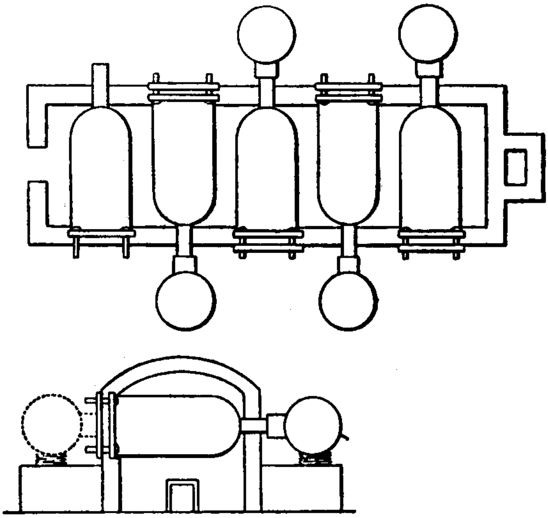
بالاخره ما در آب مردابهای نمک‌دار یا عملیات شیمیایی روی نمک سنگی نیز منبعی از نمکهای قلیایی بسیار فراوانی را مشاهده می‌کنیم. قلیاها و نمکهای تبخیر شونده، مانند کلرور آمونیم (نشادر) نیز در سدهٔ هفدهم شناخته شدند ولی در سدهٔ هجدهم تولید صنعتی آنها شروع شد. نشادر تا آن وقت از مصر وارد می‌شد. گمان می‌بردند که از دوده‌ای که از تکلیس فضولات چهارپایان بر جای می‌ماند، نشادر را استخراج می‌کنند. دوده‌ها را با محلولی شسته با نمک دریا عمل می‌کنند. نشادر (نمک تبخیرشونده) پس از تغلیظ جدا می‌شود و با تصعید کردن آن، خالص به‌دست می‌آید. تولید صنعتی نشادر نخست در انگلستان آغاز گردید و در سال ۱۷۶۰ وارد فرانسه شد. طرز تولید آن عبارت از تقطیر پارچه‌های کهنهٔ پشمی یا مواد حیوانی در قرعهای فلزی دارای شکل خاص است (شکل ۱۰). محصول تقطیر یک روغن مایع و محلول آبکی آمونیاک است. این مخلوط را در آب شور، که قبلاً آن را غلیظ ساخته‌اند در مجاورت آهک ـ برای اینکه اسیدکلریدریک (اسید دریا) تثبیت شود ـ می‌ریزند. نشادر بعداً از طریق تبلور و تصعید به‌دست می‌آید.

خرده فلزکاری: سرب، قلع، جیوه و فلزات گرانبها، همچون سده‌های پیش موادی صنعتی بودند که تکنیکهای آن عملاً تحولی نیافته بودند. پس از مرگ آگریکولا تا زمان دیدرو، نوآوریهای فنی در این زمینه کم بوده است. مثلاً تهیه جیوه بر پایهٔ تصعید شنگرف تنها با بازسازی تابلویی از De Re Metallica در دایرةالمعارف دیدرو تشریح شده است.

پیشرفتهای بنیادینی که پیش از سدهٔ شانزدهم انجام گرفت و درکتابهای تکنولوژیک این دوران شرح داده شده‌اند لااقل تا شروع سدهٔ نوزدهم در کار بودند.

تنها نوآوری مهم که می‌توان روی آن مکث کرد، وارد شدن فلز روی از چین به اروپا در سدهٔ

1. Savary des Bruslons

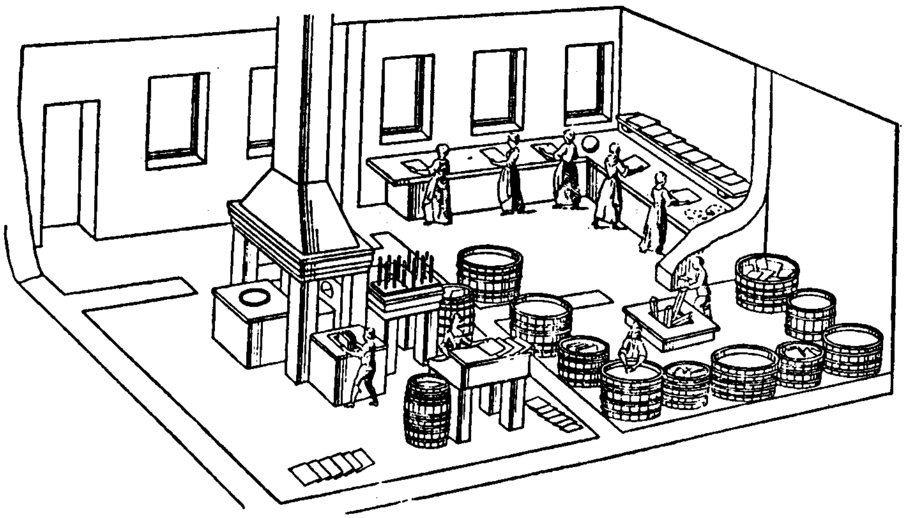


شکل ۱۰.کوره و ردیف قرعهای فلزی برای تهیه نشادر. در بالا، نمایهٔ تأسیسات؛ در پایین، مقطع تأسیسات، در دو گوشهٔ مقطع بالونهای کروی برای جمع‌آوری آمونیاک دیده می‌شود(De Machy, Art du distillateur d'eaux-fortes).

هفدهم است. تهیه این فلز در اروپا تا سدهٔ هجدهم شروع نشد و تا سدهٔ بعد اهمیت نیافت.

فلز قلع که از زمانهای بسیار قدیم شناخته شده بود از سدهٔ هفدهم در آلمان برای تولید حلبی به‌کار رفت. کشورهای دیگر نیز بزودی وارد این تولید شدند. در محل کارخانه شمش چدن را تبدیل به مفتول کرده و از آن ورق آهن می‌ساختند؛ آنگاه مفتول را با چکشکاری، دستی یا مکانیکی مسطح می‌ساختند (نورد ورق تا سالهای پایانی سدهٔ هجدهم انجام نمی‌گرفت). ورق آهن را سپس در دیگی محتوی جوشاندهٔ گرم چاودار تخمیر شده، می‌شستند. آنگاه کار قلع‌پوشانی با فرو بردن ورق آهن در حمامی از قلع مذاب که کمی مس قرمز به آن افزوده شده بود، صورت می‌گرفت. در لحظهٔ آخر کمی پیه به‌کار می‌افزودند. این کار گویا برای کم کردن اکسید قلعی بود که در اثر گرما در سطح حمام و ورق آهن ایجاد شده بود و همچنین اندود قلع را یکنواخت‌تر می‌ساخت (شکل ۱۱).

کلان فلزکاری: فلزکاری سنگین شامل تهیهٔ مس و مفرغ از یکسو و چدن، آهن، فولاد از سوی دیگر بود. روشهایی که در هر مورد به‌کار می‌رفت به اطلاعات ارثی عمل‌کننده بود و تا اواخر سدهٔ هفدهم پیشرفتی بسیار کند داشته است. لیکن با آغاز این سده، تحولاتی پدید آمدند. این تحولات نخست با کوششهایی برای به‌کار بردن زغال‌سنگ به‌جای زغال چوب، پیدایش کوره‌های بلند و ابداع

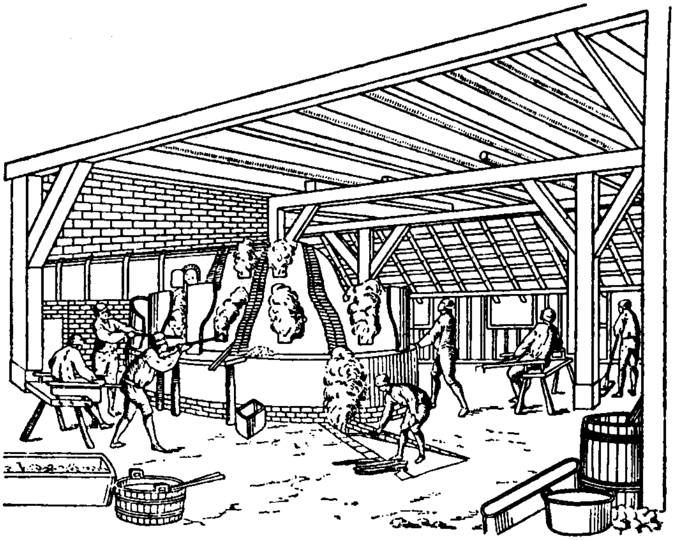


شکل ۱۱.کارگاه حلبی‌سازی. در سمت راست، تمیزکردن و شستن ورقهای آهن (در بشکه‌ها)؛ در سمت چپ، فرو بردن ورقهای آهن در قلع مذاب (Encyclopédie).

روشهای صنعتی برای تولید فولاد همراه بود. این تحولات به‌طور منظم ادامه یافتند و در اواسط سدهٔ نوزدهم آهنگ تندی گرفت برای اینکه تاریخ آن تقسیم نشود در جلد سوم بررسی خواهند شد.

شیشه‌سازی: تولید شیشه و آینه یکی از صنایع مهم و «سنگین» این دوران بود. روشهای تولید این ماده طی سده‌های عملاً تغییری نکردند. ترکیب این جسم را قواعد تجربی مربوط به کیفیت شیشه‌ای که باید تهیه شود و نیز کاربرد آن تعیین می‌کردند و سنت دیرپای این صنعت، عملیات را رهبری می‌کرد. تعاریف کوره‌ها، ابزار، مراحل تولید قطعات و کارگران مختلف با اصطلاحات ویژه‌ای که مجموعهٔ آن فرهنگی را تشکیل داده است که بسیار اختصاصی است. تنها گویا حرفه‌هایی در ردیف چاپ می‌توانند چنین فرهنگ ویژه و مفصّلی داشته باشند.

آشکار است که مواد خام شیشه‌سازی عبارتند از: سیلیکاتها، ترکیبات قلیایی بویژه کربنات سدیم و پتاسیم، و اکسیدهای فلزی بخصوص اکسید سرب برای ساخت کریستال، سود و سیلیکات را نخست با هم ذوب می‌کردند تا خمیر شیشه‌گری به‌دست آید، این خمیر را بازگرم می‌کردند و اکسیدهای فلزی مخصوص را به آن می‌افزودند. مراحل مختلف حرارت دادن در ابتدای سدهٔ هفدهم طبق روشهای شیشه‌سازی ونیز متداول شد. طی این سده انگلیسیها و آلمانیها برای پیشبرد صنایع شیشه‌سازی درکشور خود کوشش بسیار کردند. اینان مقدار هنگفتی چوب مصرف می‌کردند



شکل ۱۲.داخل یک سالن شیشه‌گری،که از چوب ساخته شده است؛ میانه سدهٔ هجدهم (Encyclopedie).

و در همین دوران بود که استفاده از زغال‌سنگ برای گرم ساختن کوره‌ها آغاز شد. با این همه چوب تا پایان سدهٔ هجدهم سوخت غالب این کوره‌ها باقی ماند. در فرانسه اصطلاح شیشه‌های چوبی به‌معنای قطعات شیشه‌ای بود که در کارخانه‌های با سوخت زغال چوب تولید شده بودند. شیشه‌سازی با زغال‌سنگ در نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم همین قطعات را تولید می‌کردند؛ کریستال را در این زمان بخصوص در کوره‌های با سوخت چوب تهیه می‌کردند. وانگهی کیفیت کریستال، وابسته به انتخاب مواد سازندهٔ آن و بخصوص تصفیهٔ قبلی ماسه‌ای بود که به‌کار می‌بردند. به‌جای سود از پتاس استفاده شد و به‌جای اکسید سرب، اکسید منگنز به‌کار رفت.

صنعت شیشه‌گری در این دوران مانند صنایع متعدد دیگری که قبلاً بررسی کردیم، پیشرفت تکنیکهای تولید آن در گرو تجهیزات کارگاه و بخصوص ابعاد و ادارهٔ کورهٔ ذوب بود. با مقایسهٔ شکل ۱۲ با شکل ۲۳ در فصل ۵ قسمت اول این جلد (که کورهٔ شیشه‌سازی سدهٔ پانزدهم را شرح می‌دهد) پیشرفتی را که در کمتر از سه سده در این زمینه به‌وجود آمد، نشان می‌دهد. روش تغییر دادن ترکیب شیشه و نیز نتایجی که از هر ترکیب معین به‌دست می‌آمد از یک یا دو سدهٔ پیش از این دوران شناخته شده بود، لیکن کیفیت قطعات تولید شده تنها از طریق رعایت بسیار جدی

روشهای کار بهتر می‌شد. به همین دلیل مانوفاکتورهای انگلستان و آلمان موفق شدند که طی سدهٔ هفدهم کیفیت کریستالهای خود را بالا ببرند و با کریستالهای ونیز رقابت نمایند. تا حدودی هم می‌توان گفت همین جدی بودن سازمان کار سبب شد که مانوفاکتورهای بزرگ فرانسه بتوانند به کیفیت عالی شیشه‌سازی دوران سلطنت لویی چهاردهم دست یابند.

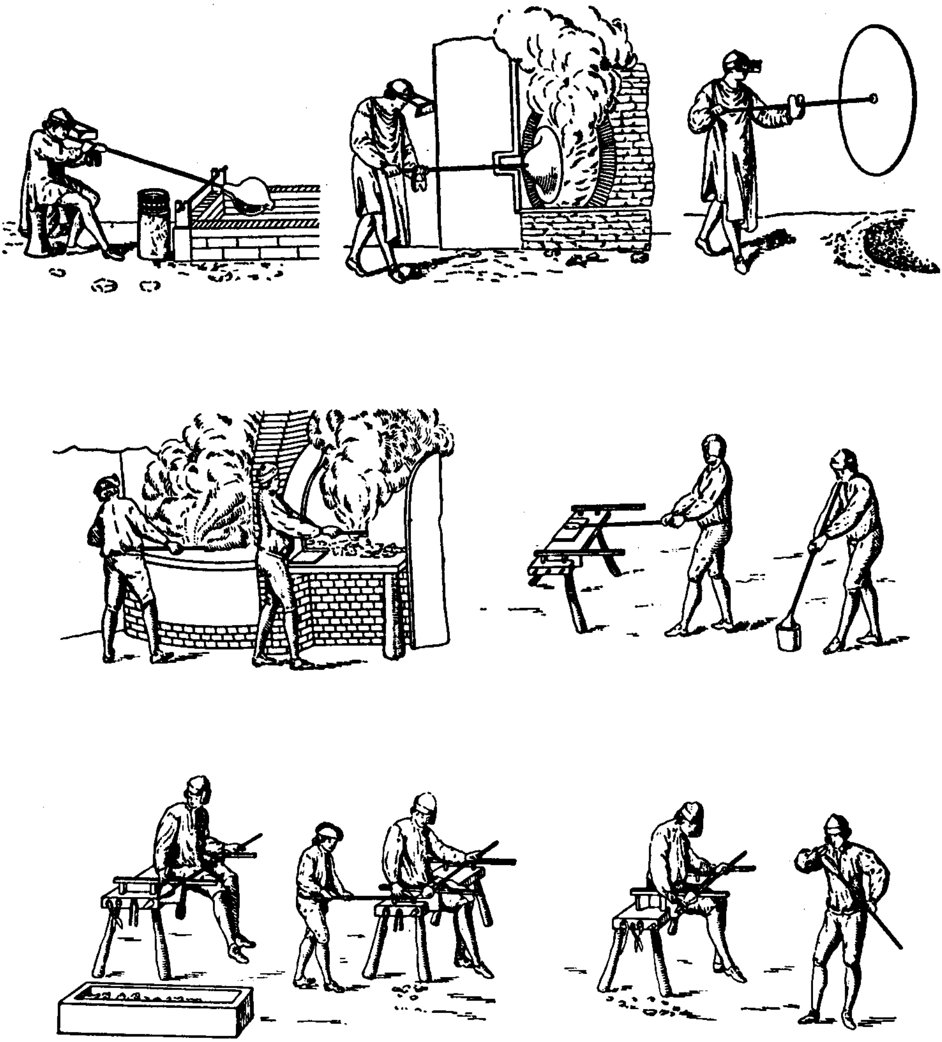
این مؤسسات در پناه ثبت اختراعات خود از هرگونه رقابت شیشه‌سازان داخلی و خارجی در امان بودند. اما چنین می‌نمایند که علاوه بر این، شایستگی تولید شیشه‌های جام یا آینه در آنها بود.

تا سالیان پایانی سدهٔ هفدهم، قطعات شیشه‌ای، کریستالها و آینه‌ها فقط از راه دمیدن ساخته می‌شدند. بخوبی معلوم است که تکنیک دمیدن در شیشه که شرح آن داده شده است در فاصلهٔ زمانی بین رنسانس و پیدایش ماشینیسم در این صنعت، تحول بسیار کمی یافته بود. شیشهٔ جام به دو طریق تهیه می‌شد: در شیشهٔ مذابی که با نیچهٔ آهنی از کوره بیرون آورده شده، دمیده می‌شود و با طرز خاصی غلطانیده می‌شود تا استوانهٔ طویلی به‌دست آید، انتهای این استوانه را جدا می‌کنند. این استوانه را از طول چاک می‌دهند، آنگاه روی میز صافی آن را پهن می‌کنند. در روش دیگر با حرکات دستی خاصی در انتهای نیچه، گردهٔ مسطحی ایجاد می‌کنند. قطر این گرده را با گردشی تند می‌افزودند (شکل ۱۳). همه این تردستیها بوسیلهٔ سرکارگری انجام می‌شد که به او gentilhomme می‌گفتند. این گرده‌ها غالباً پاره می‌شدند و باز با مهارت آنها را در برابر کورهٔ خاصی گرم می‌کردند. برای آشنایی با جزئیات کار به کتاب ششم، فصل سوم و کتاب هفتم رجوع کنید.

آینه‌سازی: تولید شیشهٔ جام مربوط به مانوفاکتور مشهور سن گوبن[1] است. کلبر که در تلاش برای تأسیس کارخانهٔ شیشهٔ جام مناسب آینه در فرانسه بود، در سال ۱۶۶۵ به آقای نیکلا دونوایه[2] امتیاز تأسیس کارخانه‌ای را در تورلاویل[3] حوالی شربورگ اعطا کرد. یکی از شرکتهای صنعتی به نام پوکلن[4] به تجارت کلان آینه با ونیز اشتغال داشت. این شرکت چند کارگر از ونیز به فرانسه آورد که روشهای دمیدن سنتی را رایج کردند. حدود سال ۱۶۸۸ آبراهام توارت[5] نیز امتیاز تولید شیشه جام را «که تا آن زمان در اروپا کسی نشنیده بود» به‌دست آورد. «این نوع شیشه باید به‌شکل سرب ریخته شود که سرب‌ریزان آن را تبدیل به ورق می‌کنند و این اختراعات جدید ساخت آینه‌هایی دو برابر اندازه و حجم آینه‌های دمیدنی به روش ونیز را ممکن می‌سازد» (سواری).

مانوفاکتور جدید نخست در پاریس نزدیک کاخ مازارن، ایستگاه فعلی اورسی برپا شد. اما

1. Saint-Gobain 2. Nicolas du Noyer 3. Tourlaville 4. Poquelin 5. A. Thevart



شکل ۱۳.مراحل مختلف تولید یک شیشه جام و لیوان آب (Encyclopedie).

هزینهٔ تولید در پاریس بالا بود؛ بدین‌علت به قلعهٔ قدیمی سن گوبن نزدیک لان منتقل شد تا از مجاورت جنگلهای لافر و اواز[۱] سود برد. لیکن بر خلاف پیش‌بینیهایی که شده بود هر دو مانوفاکتور به رقابت با یکدیگر پرداختند. بنابراین لویی چهاردهم در سال ۱۶۹۵ فرمان داد که هر دو در یک شرکت: Compagnie des Glaces که فرانسوا پلاستریه[۲] تأسیس کرده بود، ادغام شوند. شرکت جدید در آغاز با مشکلات مالی فراوانی مواجه بود ولی تا امروز به‌کار خود با موفقیت و به‌طور درخشان ادامه می‌دهد. در فرانسه فعالیت آن شرکت عامل اصلی تکامل روشها و ابزارکار بود و اینکه ساخت آینه را در ردیف صنایع سنگین آورد.

شیشه‌سازی دمیدنی به‌کار خود در تورلاویل ادامه داد ولی برای این روش دو سالن در سن گوبن ایجاد کرد. هر سالن دارای کوره‌هایی برای تهیهٔ خمیر شیشه، ذوب شیشه و گرم کردن خرده شیشه‌هایی بود که پیش از ذوب شیشه به خمیر آن افزوده می‌شد. ونیز دارای کوره‌هایی برای تاب دادن (بازپخت) شیشه بود. ادارهٔ بوته‌های ذوب با دست و با کمک چنگک مخصوصی انجام می‌گرفت. این بوته‌ها حدود یک متر قطر و ۹۲ سانتیمتر ارتفاع داشتند (شکل ۱۴).

شیشهٔ جام از همان مواد خام دیگر شیشه‌ها تولید می‌شد، یعنی ماسه‌ای که از یک معدن سنگ واقع در نزدیکی کریل[۳] استخراج می‌شد، استفاده می‌کردند. ماسه و سود بدقت خالص می‌شدند و آنها را به خمیر شیشه تبدیل می‌کردند. اما عملیات را روی مقدار زیادی از مواد مهم انجام می‌دادند. کورهٔ ذوب (آن را L'arche می‌گفتند) باید در میان ۲۴ کورهٔ تابکاری (آن را Carcaise می‌گفتند) شیشه می‌بود. کوره‌های تهیهٔ خمیر شیشه و گرم کردن خرده شیشه نیز بزرگ بودند. کورهٔ ذوب شامل یک بوتهٔ ذوب با حجم ۲۶۰ لیتر و تعدادی تشت بود که مواد مذاب برای خالص شدن از آنها می‌گذشتند، در این تشتها عمل ذوب بار دیگر انجام می‌گرفت تشتها را دسته‌ای از کارگران از کورهٔ ذوب بیرون می‌آوردند و بر روی چهارچرخه‌ای قرار می‌دادند و بطرف میز چدنی می‌راندند. این میز بعدها مفرغی شد. شیشه جام روی این میز تهیه می‌شد. شیشه مذاب را پیش از اینکه روی این میز بریزند، سه‌باره‌گیری می‌کردند، سپس تشت محتوی شیشه مذاب را روی میز برمی‌گرداندند، آنگاه غلتک معینی را روی آن می‌راندند تا شیشه ضخامت دلخواه را به‌دست آورد (شکل ۱۵). شیشه جام درحالی‌که هنوز نرم بود وارد کورهٔ تابکاری می‌شد و آخرین پخت خود را تحمل می‌کرد و به آرامی خنک می‌شد.

---

۱. Oise منطقه‌ای در شمال فرانسه در ایل دو فرانس و پیکاردی.

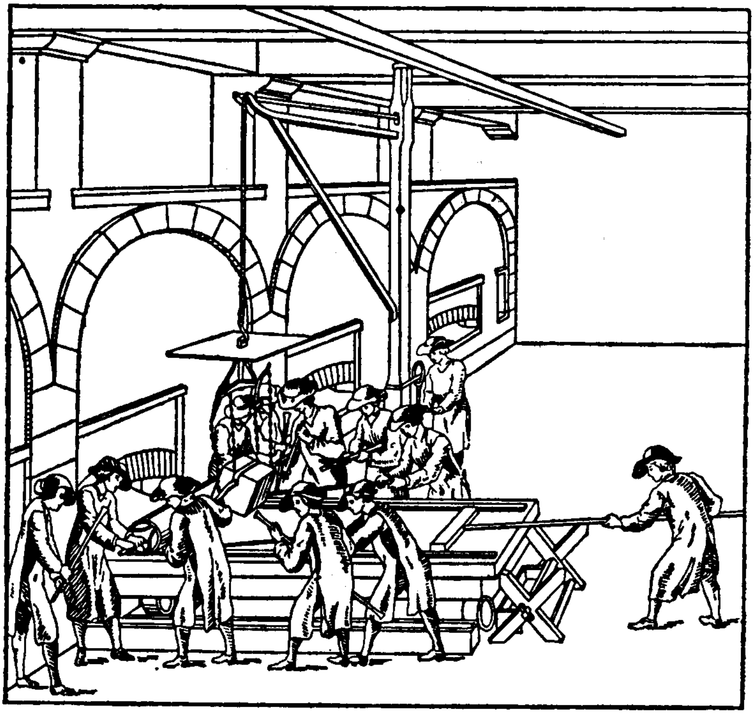
2. F. Plastrier

۳. Creil شهرستانی در ایالت اواز فرانسه.



شکل ۱۴.کارگران در حال خارج‌کردن یک بوته شیشه مذاب از کوره می‌باشند. (Encyclopedie).

همهٔ این کارها را کارگران انجام می‌دادند که بعضی از آنها در انجام وظایف معینی تخصص داشتند. این کار به‌علت وزن شیشه و ملتهب بودن آن، زحمت طاقت‌فرسایی بود. بنابراین کوشیدند که بسیاری ازکارها را آسان سازند. برای این کار سالنهای شیشهٔ جام را با تجهیزات بالابر و جابه‌جاکننده که خارج کردن تشتها را از کوره و برگردانیدن آنها را روی میز آسان می‌کرد، مجهز ساختند. زیر پایه‌های میز هم چرخهایی گذاشتند که روی ریل حرکت می‌کرد و براحتی از برابر ردیف کوره‌های تابکاری می‌گذشت. در آنجا می‌توان یکی از اولین (شاید هم اولین) تجهیزات صنایع بزرگ را، برای بیرون آوردن و داخل کردن ردیفی قطعات مشاهده کرد. روحیهٔ مجهزسازی کارخانه‌های شیشه یا



شکل ۱۵.کارگاه ریخته‌گری شیشه جام؛ کارگران تشت محتوی شیشه مذاب را برمی‌گردانند و روی آن غلتک می‌کشند (Encyclopedie).

کریستال‌سازی طی سدهٔ هجدهم همه‌جا به‌چشم می‌خورد.

استخراج فراورده‌های گیاهی و حیوانی

گویا کاربرد بعضی فراورده‌های گیاهی و حیوانی انگیزه‌ای شد تا صنایع شیمیایی از همان دورانهای اولیهٔ تمدن بشری گامهای نخستین خود را بردارند. گیاهان برای انسان مواد رنگی، مواد شوینده، مشروبات تخمیری و روغنها را تهیه می‌کردند و حیوانات منبعی برای چربی، پوست و خز بودند که باید روی آنها کار می‌شد. در مورد نخ پارچه باید گفت که در شروع سدهٔ بیستم بود که صنعت شیمی وارد رشته رنگسازی و تولید الیاف یا پارچه شد.

به‌طورکلی مآخذ فرایندهای تولیدکنندهٔ این فراورده‌ها کاملاً ناشناخته هستند. این فراورده‌ها در غرب، طی قرون وسطی در شرایطی که بر ما مجهول است، روبه‌افزایش نهادند. نخستین کتابهایی که در دوران رنسانس به چاپ رسیده‌اند در این‌باره چیزی ندارند و در حوالی سدهٔ شانزدهم است که متونٔ فنی مربوط به آنها بتدریج پدید می‌آیند. این امر گواهی می‌دهد که در این سده، در این رشته صنایع واقعی وجود داشته‌اند که وسایل آنها از طریق تجربه به‌دست آمده بود و در حد انتقال از سینه‌به‌سینه و طی زمان تکامل یافتند. این رشته از صنعت بسیار پراکنده بود، تا پایان سدهٔ هجدهم تمرکز نیافت و خطوط دقیق تکاملی آن نیز تا آن سده نامشخص است. در این رشته برخلاف محصولات کشاورزی، حتی وسایل کار و مهارت درکار آنها نیز بسیار ثابت ماندند. با این همه معلومات تجربی در این صنایع فراوان بود و شیمیدانهای سده‌های هفدهم و هجدهم ازاین طریق اطلاعات علمی خود را به‌دست آوردند (شناسایی بعضی اسیدهای آلی و استرهای اولیه و تحقیق دربارهٔ تخمیر، بخشی از این اطلاعات می‌باشند). این معلومات تجربی مورداستفاده شیمیدانهای سدهٔ نوزدهم نیز واقع گشت و بر این پایه آنها به‌سوی شیمی آلی خیز برداشتند.

معذلک، احتمالاً طی سدهٔ هفدهم در این زمینه پیشرفتهایی حاصل شد، که مانند رشته‌های دیگر صنعتی این پیشرفت در قسمت تجهیزات و تأسیسات بود. گویا همان عوامل بالا (و بخصوص افزایش تولید) علت این تحول بودند. بدین ترتیب طی نیمهٔ نخست سدهٔ هجدهم ما مواجه با مؤسساتی هستیم که می‌توانند مقدار کلانی از این اجناس با بهترین شرایط ممکن را تولید کنند.

مواد رنگی: اهمیت تولید و دادوستد مواد رنگی از همان نقطهٔ آغاز تمدن کاملاً آشکار است. بسیاری از این فراورده‌ها از نوع معدنی بودند، بویژه محصولات مورداستفاده برای برطرف کردن چربی پشم، آماده‌سازی آن و دندانه‌زنی پارچه‌های پشمی، مهمترین مراحل این صنعت بودند. اما بزرگترین بخش این فراورده‌ها، گیاهی بودند. تا پایان قرون وسطی و حتی تا آغاز سدهٔ شانزدهم، هیچ ماده‌ای که بتواند پارچه‌هایی با رنگ تند تهیه کند، در دست نبود، و تنها با موادی که رنگهای بی‌جلا مانند قرمز تیره، سرخ، نیلی و طبیعتاً رنگ سیاه می‌دادند، آشنا بودند. رنگ سیاه مدتها برای لباس به‌کار می‌رفت. رنگ لاجوردی و قرمز شنگرفی را نمی‌شناختند. شروود تیلور توجه می‌دهد که داشتن نظر دقیقی از رنگهای مستعمل در سابق بسیار دشوار است. نمایش لباسها در تابلوهای نقاشی یا مینیاتورها، رنگهای مورداستفاده در آن زمان را دقیقاً نشان نمی‌دهند؛ زیرا این هنرمندان از رنگدانه‌های معدنی که از سابق می‌شناختند، استفاده می‌کردند رنگهایی که در رنگرزی به‌کار نمی‌روند.

رنگ ارغوانی واقعی وقتی شناخته شد که کاربرد کلرور قلع به‌عنوان دندانه برای قرمزدانه در آغاز سدهٔ هجدهم بوسیلهٔ کورنلیوس دربل رواج کامل یافت. کاربرد کلرور قلع نخستین بار بوسیلهٔ هلندیها انجام گرفت، از آنجا وارد انگلستان و سپس کشورهای دیگر اروپا شد. تکامل صنعت رنگسازی، یا به‌عبارت بهتر تغییر آن به یک صنعت واقعی وابسته به توسعهٔ صنعت ابریشم بود و ازآن پس در حوالی میانهٔ سدهٔ هجدهم به استفادهٔ روزافزون از پارچه‌های پنبه‌ای مربوط می‌شد.

مواد رنگی گیاهی یا حیوانی، نظیر قرمزدانه در سده‌های قبل از دوران مورد بحث ما شناخته شده بودند. این مواد بسیار متعدد وگاهی با یک نام، رنگهای دارای ریشه و خصلتهای متفاوت ذکر می‌شدند.

از میان رنگهای بسیار رایج می‌توان از نیل نام برد. قرمزدانه حشره‌ای از راستهٔ نیم‌بالان که بر روی درختان بلوط و کاج و سرو زندگی می‌کند. مدتها گفت‌وگو بود که قرمزدانه، کرم است یا دانه، و نام Vermillon هم بدین‌علت برای آن انتخاب شد (این واژه به تعدادی رنگدانه معدنی هم اطلاق می‌شود)؛ دانه هم به این رنگ گفته می‌شود (در زبان فارسی آن را مطلقاً دانه می‌گویند). اما واژه Kermes از واژه سانسکریت قرمیز آمده است و ریشه شرقی دارد. رنگی که از ریشه روناس گرفته می‌شود محتوی آلیزارین است که ساخت شیمیایی آن در سدهٔ نوزدهم کشت آن را کاهش داد. گلسنگ اورسی[1] و اسپرک که جانشین علف زرد شده بودند، رنگ زردی می‌دادند. از بوته مازریون ماده‌ای که از پوست و ریشه درخت گردو به‌دست می‌آمد، رنگ حنایی می‌ساختند. مازو، رنگ قهوه‌ای مایل به سیاه می‌دهد که بسیار شناخته شده بود. استفاده از گل آفتابگردان در این دوران رواج بسیار یافت.

همهٔ این فراورده‌ها ازگیاهانی که درکشورهای اروپایی، لااقل از قرون وسطی، کاسته می‌شدند به‌دست می‌آمدند. اینکه منطقهٔ کشت آنها برحسب فصل و افت‌وخیز صنعت رنگرزی تعیین می‌شدند، درحقیقت، موجب می‌شد تا صنعت بافندگی متحول گردد. بدین‌علت بود که استخراج مواد رنگی در سدهٔ هفدهم در هلند، فلاندر، آرتوا و پیکاردی بسیار شدید بود. از پایان سدهٔ هفدهم تا آغاز سدهٔ نوزدهم کشت نیل، آفتابگردان، سپس روناس در نواحی جنوبی فرانسه متداول شد. شمار زیادی از رنگهای دیگر ازکشورهای کنار مدیترانه، شرق طالع و هند به اروپا سرازیر شدند، که ازآن میان می‌توان از اندیگو نام برد که از نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم در اروپا کاربرد فراوانی یافت و چوب برزیل، زعفران هند، زردچوبهٔ جزایر آنتیل، قرمزدانه از هند غربی اسپانیا، که اغلب با قرمز کشورهای عربی و سماق پرتغال مشتبه می‌شد و ...

1. Orseille

برادران گوبلن: صنعت رنگسازی با اینکه بسیار رواج یافته بود، اما طبیعتاً به بافندگی وابسته بود. تأسیس کارخانه‌های رنگسازی به تعداد شرایط کلی بستگی داشت ولی غالباً محلی بودند. در پاریس کارگاههای رنگسازی در سدهٔ هجدهم در حومهٔ سن مارسل (یا سن مارسو)[1] کنار رودخانه بیور[2]، که در آن زمان خارج از حصار شهر بود، برپا شده بودند. این امر آنها را قادر می‌ساخت که از بعضی مقررات صنفی آزاد باشند. می‌دانند که در ۱۴۵۰ برادران گوبلن (ژان و ژیل)[3] در این محل مؤسسه‌ای بنیاد کردند که بعدها بسیار شهرت یافت. پایه‌گذاران این مؤسسه دستور ساخت رنگ سرخ جلادار را وارد فرانسه کردند. این رنگ آوازهٔ بسیار یافت با قرمزدانه، نیل و نوعی قارچ به نام آگاریک ساخته می‌شد. این مخلوط را با زاج و آب اسید می‌جوشاندند. برادران گوبلن عماراتی ساختند که در سدهٔ هفدهم به دیوانگی گوبلنها Folie des Gobelins مشهور بود. این ساختمانها در ۱۶۶۷ تبدیل به هتل سلطنتی گوبلنها گردیدند. خود بیور هم معروف به رودخانه گوبلنها گردید. در آغاز سدهٔ هفدهم هانری چهارم پرده‌دوزان فلاندری را در گوبلن جای داد. کلبر در ۱۶۶۷ طی فرمانی هتل گوبلنها را به کارگاه نقاشان، پرده‌دوزان، پیکره‌سازان و مبل‌سازانی که به فرانسه جلب شده بودند، تبدیل کرد.

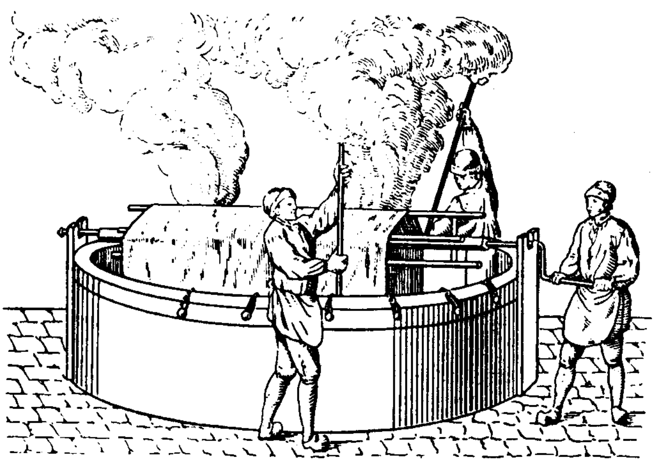
همه می‌دانند که کلبر با چه انگیزه‌ای به تجدید ساختمان و تنظیم صنعت بافندگی دست زد و طبیعی است که او مقرراتی برای رنگسازان تنظیم کند. در ۱۶۶۹ آیین‌نامهٔ کارخانه‌های بزرگ و آیین‌نامه کارخانه‌های کوچک رنگسازی را اعلام داشت و در همان حال تعلیماتی در مورد نحوهٔ رنگرزی پارچه‌های پشمی و کلاف نخ ابریشم، پشم و پنبه منتشر ساخت که مجموعه‌های بسیار مفصّل فنی بودند. در این مجموعه‌ها مقررات دقیقی که انجام آن ناگزیر بود برای رنگرزی هر نوع پارچه یا نخ برحسب مورد استعمال آن پیش‌بینی شده بود. بررسی آنها در اینجا ممکن نیست. فقط یک نمونه از رنگ سیاه زدن به پارچه‌های گران را نقل می‌کنیم. ساواری می‌نویسد: «باید بهترین و میسرترین نیلها را به‌کار برد. مرغوبیت نیل مربوط به این است که تنها شش پوند اندیگویی که کاملاً آماده شده باشد برای هر گلولهٔ نیل به‌کار رود. چنانچه تشت رنگ غلیظ نباشد یعنی نیل شروع به از دست دادن رنگ آبی خود می‌کند... سپس باید با زاج، تارتر بی‌تارترات پتاسیم جوشانده شود، بالاخره باید روناس معمولی به آن افزود... و سرانجام با مازو، رنگ سیاه پارچه را تکمیل می‌کنند...، با کات و سماق آن را نرم می‌کنند؛ سپس از روی گیاه اسپرک می‌گذرانند تا کاملاً سیاه شود. برای اینکه رنگ سیاه خوب جا بیفتد... پارچه‌ها می‌بایست پیش از اینکه در نیل گذاشته شوند بخوبی تمیز شده باشند. پارچه پس از اینکه از نیل بیرون آورده شد، باید آن را در آب گذاشت

1. Saint-Marcel, Saint-Marceau 2. Biévre 3. Gobelins (Jehan, Gilles)

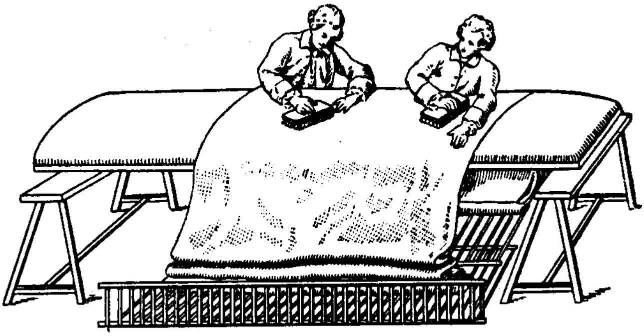
و لگد کرد، سپس به آن روناس زد. بعد از اینکه پارچه بخوبی سیاه شد باید آن‌را آن‌قدر شست تا اینکه پساب آن رنگی نباشد.»

در این تعلیمات اساسی، روشهای رنگزنی متداول در نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم آمده است؛ روشهایی که تا بیش از یک سده و نیم دیگر به‌کار می‌رفتند. در این تعلیمات بویژه می‌بینیم که برای خواننده‌ای که از کم‌وکاست حرفهٔ رنگرزی این دوران آگاه نیست، اصطلاحات به‌کار رفته شده گنگ هستند، در نتیجه زمانی‌که بخواهند ماهیت موادی را که برای رنگرزی به‌کار برده می‌شد دریابند، با اشکالات بزرگی روبه‌رو خواهند شد.

روشهای رنگرزی: با آوردن چند مثال خواننده را با روش رنگرزی در این دوران آشنا می‌سازیم. اصطلاح «رنگرزی گوبلن» عبارت است از رنگرزی پارچه، توپ به توپ. این اصطلاح ناظر به محلی است که این نوع رنگرزی در آنجا انجام می‌گرفته است مثلاً در کارگاههای واقع در کنار «رودخانهٔ گوبلن». این کارگاهها دارای دیگهای بزرگ آب‌جوش بودند که با کوره‌هایی که در زیر آنها قرار داشتند، گرم می‌شدند. کارگران با استفاده از چوبهای درازی توپهای پارچه را وارد دیگ می‌کردند و آنها را در آن حمام باز می‌کردند. پارچه، نخست از مایعی برای تمیز شدن می‌گذشت سپس بر روی غلتکهای بزرگی که با میل‌لنگ می‌گردیدند، گسترده می‌شد. این غلتکها بر روی دیگهای رنگ قرار داشتند تا پارچه به‌آسانی وارد دیگ و سپس روی غلتکها گسترده شود (شکل ۱۶). پارچه پس از رنگرزی در آب جاری که لبه‌ای از مصالح بنّایی داشت، شسته می‌شد. رویهٔ پارچه با فرچهٔ



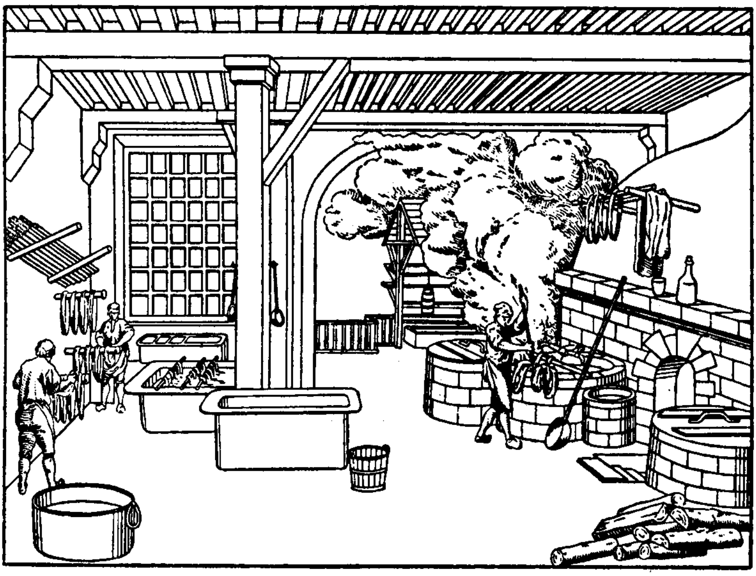
شکل ۱۶. کارگاه رنگرزی به‌اصطلاح گوبلنها. قسمت غلتک (Encyclopedie).



شکل ۱۷.فرچه زدن پارچه پس از رنگرزی (Encyclopedie).

نرم خاصی بروس زده می‌شد (شکل ۱۷). پارچه را روی چهارچوبی ثابت می‌کردند تا در حال خشک شدن، کشیده بماند.

رنگرزی کلافهای ابریشم یا نخهای پشمی را «رنگرزی رودخانه» می‌گفتند. کلافها را روی چوبهایی که به‌طور عرضی روی دیگها قرار داشتند، آویزان می‌کردند و آنها را روی چوبها می‌گردانیدند تا خیس شوند (شکل ۱۸). برای برخی عملیات، کلافها را در کیسه‌هایی قرار می‌دادند و کیسه‌ها

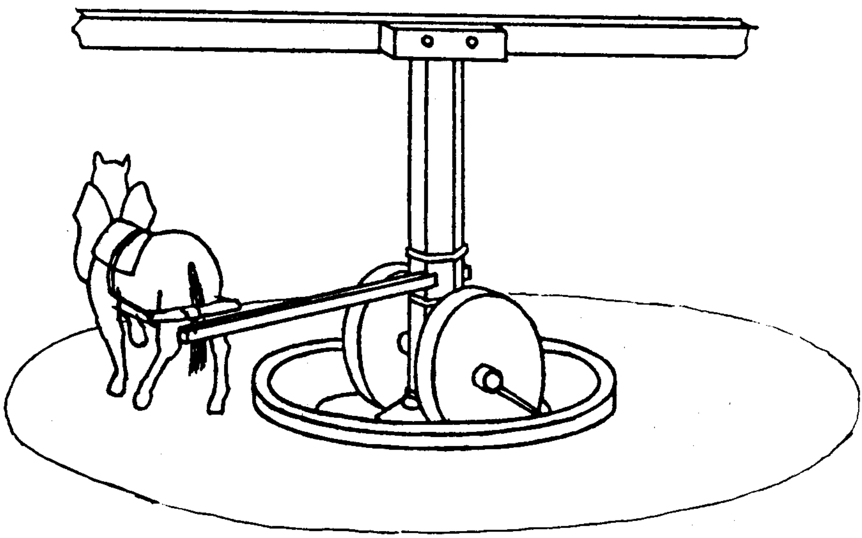


شکل ۱۸.کارگاه رنگرزی کلافهای نخ (Encyclopedie).

را در دیگ فرو می‌کردند. در پایان، کلافها را در آب رودخانه می‌شستند و به منظور خشک کردن، آنها را در اطاقی روی ترکه‌هایی می‌چیدند. حرارت اطاق را یک بخاری فلزی ثابت نگاه می‌داشت.

استخراج رنگها: با پیشرفت کار رنگرزی، صنایع استخراج مواد رنگ‌کننده (رنگینه) متحمل تحولی شدند که مشابه تحول صنایع در رشته‌های دیگر بود. در این مورد خاص، منابع محلی با افزایش سطح زیر کشت گیاهان مربوطه فزونی یافتند. کارگاههای استخراج رنگ طبیعتاً مجاور کشتزارها بودند. طرزکار آنها اساساً عبارت بود از خرد کردن قسمتهایی از گیاه که محتوی رنگینه هستند مانند برگها (برای نیل و سماق)، گل (برای آفتابگردان)، ریشه (برای روناس) و نیز پوست (درخت گردو) و بالاخره مازو (برای درخت بلوط).

برگها را در انبار، در پناه باران و آفتاب خشک می‌ساختند، سپس آنها را خرد می‌کردند و در صورت لزوم، باقیماندهٔ روغنی آنها را می‌گرفتند. برگهای خشک‌شده را به‌صورت خمیر در می‌آوردند، این کار در آسیابی انجام می‌گرفت که معمولاً دو سنگ عمودی داشت که بوسیلهٔ اسبگرد می‌گردید (شکل ۱۹). نیل را نیز به‌صورت خمیر درمی‌آوردند و لگد می‌کردند و آن‌قدر ورز می‌دادند تا کاملاً یکنواخت شود. این خمیر را به‌صورت گردهٔ نان درمی‌آوردند و تا دو هفته تأمل می‌کردند تا خوب



شکل ۱۹.اسبگرد برای خرد کردن برگهای خشک گیاهان رنگینه‌ای - Beauvais Raseau, L'art de L'indigotier.

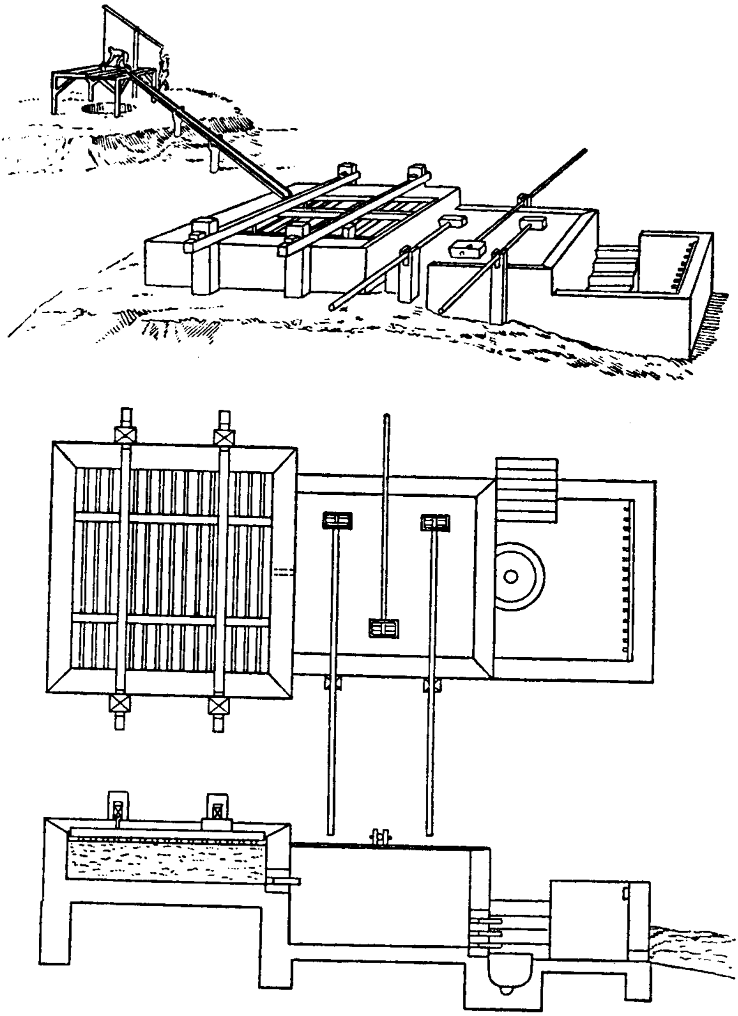
خشک شود. لبه‌های خشک گرده را می‌شکستند و با بقیهٔ گرده خوب مخلوط می‌ساختند؛ در این حالت مادهٔ همگی به‌دست می‌آمد که قوام معینی داشت.

گل آفتابگردان را در آسیای روغنها خرد می‌کردند، درگونیهایی قرار می‌دادند تا در اثر چرخشت، شیرهٔ آن بیرون آید. این شیره را حدود یک ساعت زیر آفتاب می‌گذاشتند. تکه پارچه‌ها را به آن آغشته می‌کردند، آنگاه تکه‌پارچه‌ها را در هوای آزاد خشک می‌کردند و در معرض بخارهای آمونیاکی ادرار ـ که آهک زنده به آن اضافه می‌شد ـ قرار می‌دادند تا رنگ خود را به آن بدهد. یک بار دیگر این چرخه را تکرار می‌کردند. بیشتر این ماده را کارخانه‌داران هلندی می‌خریدند که در تبدیل آنها به خمیر و گرده بسیار آزموده بودند و بدین صورت آنها را می‌فروختند.

کارگاههای اندیگوسازی: مشخصترین عامل در صنعت رنگینهٔ این دوران، افزایش چشمگیر ساخت و کاربرد اندیگو بود. این ماده از سده‌های پیش به‌کار می‌رفت و از مشرق‌زمین، گویا هند، وارد می‌شد. اندیگو را «ایند» هم می‌گفتند، اما باید گفت که این دو جدار از یکدیگر هستند. تا شروع سدهٔ هفدهم هنوز ایند را صرفاً از برگهای گیاه اندیگو (anil) به‌دست می‌آوردند و اندیگو را از ساقه و برگ این گیاه. هانری چهارم طی فرمانی کاربرد اندیگو و ایند را در رنگرزی ممنوع ساخت و متخلفین را به مجازات مرگ تهدید کرد. استقرار فرانسویان در سانتودومینگو[1] کشت گیاه اندیگو و برداشت آن را توسعه داد و در آغاز سدهٔ هجدهم درکشورهای اروپا شهرت بسیار یافت. با این همه تا سال ۱۷۳۰ کاربرد اندیگو، جز به‌عنوان مادهٔ الحاقی به نیل، ممنوع بود؛ اما پس از اینکه بارث[2] انگلیسی در سال ۱۷۴۴ طریقه سولفون‌دادن به اندیگو ـ با حرارت دادن اندیگو با اسید سولفوریک نوردهاوزن ـ برای تهیه اسید سولفونیک اندیگو کشف کرد و رنگ آبی ساکس را برای رنگزنی به پشم به‌دست آورد، مصرف آن باز هم گسترش یافت.

در حدود نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم، تجهیزات کارگاههای اندیگوسازی در سانتو دومینگو به درجه‌ای از تکامل رسید که از لحاظ بررسی آن سازماندهی، که در این زمان همه شاخه‌های شیمی صنعتی به آن نایل شده بودند، بسیار جالب است (شکل ۲۰). خلاصه و هستهٔ این تأسیسات از سه تشت چوبی یا گلین بود که به‌طوری روی هم قرار گرفته بودند که یکی روی دیگری می‌ریخت. تشت نخست «خیساننده» بود که گیاه را در آن می‌گذاشتند تا آب به خود گیرد و تخمیر شود. کیفیت آب دقیقاً معین و کنترل می‌شد و برای این منظور فقط از آب رودخانه یا بعضی چاهها، آبی زلال و مخصوص استفاده می‌شد. آنگاه مواد را وارد تشت دوم می‌کردند. این تشت را «باتری»

۱. Santo Domingo در غرب جزیرهٔ هائیتی که در سال ۱۷۹۵ از طرف اسپانیا تماماً به فرانسه واگذار شد.
2. Barth



شکل ۲۰.کارگاه اندیگوسازی سانتو دومینگو. قسمت پایین برش عمودی و افقی سه تشت اندیگوسازی است: خیساننده، باتری، قرارگاه؛ در ته قرارگاه حوضچه دیده می‌شود Beauvais-Raseau, L'art de l'indigotier.

می‌نامیدند زیرا بر روی کوبه‌های مکانیکی (buquets) قرار داشت. این کوبه‌ها بوسیله اسبگرد یا چرخ هیدرولیک عمل می‌کردند. عمل کوبش با کمی روغن ماهی انجام می‌گرفت تا اینکه کف آن بیفتد. محلول از رنگ سبز به رنگ آبی تیره درمی‌آمد. محلول را از مجاری دارای شیرهای بزرگ به تشت سوم منتقل می‌ساختند؛ این تشت را «قرارگاه» می‌خواندند. ته این تشت شکل خاصی داشت تا اینکه دانه‌های نشاسته‌ای داخل حوضچهٔ کناری کوچکی (bassinot, diablotin) جمع شوند و از آن حوضچه بیرون آورده شده و در کیسه‌هایی که به دیوار قرارگاه قلاب شده بودند، وارد می‌کردند تا اینکه چکه‌چکه خارج شود.

دانه‌های نشاسته‌ای وقتی خمیری می‌شدند آن را در جعبه‌های کوچکی که روی میزها زیر سرپناهی قرار داشتند، می‌گذاشتند. در پایان کار دانه‌های نشاسته‌ای را در بشکه‌های بزرگی به مدت سه هفته می‌گذاشتند تا تخمیر شود؛ سپس در هوای آزاد کاملاً آن را خشک می‌کردند.

چیزی که در تکنیکهای تهیهٔ این فراورده شایسته تذکر است، ترتیبات و سلسله مراتب تأسیسات آن بود که سبب می‌شد کارگران منتهای صرفه‌جویی را در قسمت نقل‌وانتقال و دست‌کاری محصول اعمال کنند. اینک پیش از به پایان رسیدن سدهٔ هجدهم، صنعتکاران روشهایی از استخراج را مورداستفاده قرار می‌دادند که به برکت آنها جانشینان آنها در سدهٔ بعد توانستند مؤسسات بزرگی احداث نمایند.

روغنکشی و صابون‌پزی: در این دو رشته از صنعت هم همان مسائل دست‌وپاگیر دیگر صنایع فراورده‌های آلی وجود داشت. اگر بتوان به نوشته‌های مربوط به شیمی و شرح و بسطهای داده شده در مورد روشهای کار اعتماد کرد، چنین می‌نماید که این تکنیکها از قرون وسطی تا زمانی که اوژن شورول[۱] (۱۷۸۶ ـ ۱۸۸۹) شیمیدان فرانسوی، کار تحقیق دربارهٔ چربیهای حیوانی و صابونها را طی آن مدت مدید شروع کرد، بدون تغییر مانده بودند. درحقیقت تحولی آرام اما مطمئن انجام گرفته بود که سبب پیدایش تجهیزات مناسبتری برای دستکاری مواد خام و گسترش فراورده‌هایی با کیفیت بهتر بود.

در قسمت استخراج روغن و چربی، کارهای بسیار جالبی به‌چشم نمی‌آید. استخراج روغن زیتون براساس روشهای قدیم انجام می‌گرفت. زیتونها در زیر سنگهای آسیا که مسیری دایره‌ای می‌پیمودند تا هسته‌های زیتون جدا شود، خرد می‌شدند. گوشت زیتون که در کیسه‌های حصیری یا زنبیلها جمع‌آوری می‌شد زیر منگنه‌های پیچی معمولی می‌رفت و مقداری آب جوش روی آن

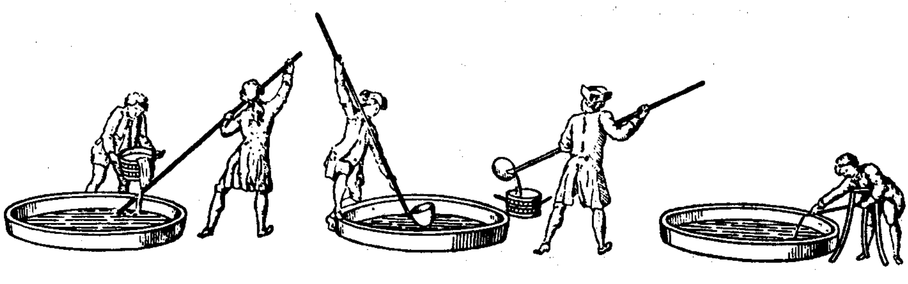
۱. E. Chevreul شیمیدان فرانسوی که در ۱۸۲۶ عضو آکادمی علوم فرانسه شد. دربارهٔ ترکیب چربیهای حیوانی و صنعت صابون‌سازی و شمع‌سازی تحقیقات مهمی انجام داده است. اولئین و استئارین را او کشف و نامگذاری کرد.

پاشیده می‌شد. برای جداسازی آب از روغن، مخلوط را در دیگهای سنگی وارد می‌کردند و با کج کردن دیگ، آب آن را بیرون می‌ریختند. روغن را در مخازن زیرزمینی که به آن «جهنم» می‌گفتند انبار می‌کردند. با عمل جداسازی دیگری، روغن پست را جدا می‌ساختند و برای روشنایی به‌کار می‌بردند. در حدود پایان سدهٔ هجدهم در بعضی از کارگاهها منگنه کردن دوبارهٔ تفاله‌های زیتون برای روغنکشی مجدد، عملی می‌شد.

در نظر نیست که همهٔ درختانی را که از میوه یا دانه‌های آنها برای خوراک، روشنایی و بویژه صابون‌سازی روغن می‌گرفتند نام ببریم؛ اما تعدادی از آنها، که برای صنعت بیشترین کاربرد را داشتند عبارتند از: شاهدانه، منداب، کلم روغنی، برزک و در اوایل سدهٔ هجدهم خشخاش. پیه نیز مادهٔ خام تولید شمع و صابون بود.

صابونهای جامد به‌طور کلی در نواحی مدیترانه‌ای: تولون، مارس، قرطاجنه (کارتاژن)، آلیکانته (لقنت) ساخته می‌شد در این نواحی ترکیبات قلیایی براساس سود بودند؛ درحالی‌که انگلستان، هلند، آلمان و شمال فرانسه صابون مایع براساس پتاس تولید می‌کردند. عمل صابونی شدن در مجاورت آهک زنده انجام می‌گرفت که کربناتهای قلیایی تجارتی را تجزیه می‌کرد (شکل ۲۱). صابون‌پزان علاوه بر این مواد گوناگون دیگری نظیر زاج سبز (سولفات آهن)، نشاسته و رنگدانه‌ها یا فراورده‌های رنگی مانند شنگرف، اخرای قرمز، اندیگو ـ مناسب نوع صابونی که می‌خواستند تولید کنند ـ به آن می‌افزودند. در صنعت رنگسازی تنها صابون سفید یا مرمری و در عملیات نمدمالی از صابون مایع استفاده می‌شد.

شمع و شمع مومی: شمعهای‌پیهی می‌بایست از سدهٔ سیزدهم یا چهاردهم ساخته شده باشند اما شمعهای مومی و شمعهای قدی بدون شک در سدهٔ شانزدهم رواج یافتند. با تغییر عادت مردم و لزوم



شکل ۲۱. عملیات تهیهٔ صابون. از چپ به راست: کارگری سطل قلیاب را در تشت صابون‌سازی خالی می‌کند؛ دو کارگر یک تشت را خالی می‌کنند؛ کارگر دیگری در تشت روغن می‌ریزد (Encyclopédie).

روشن‌سازی معابر استفاده از شمع بسرعت افزایش یافت و این افزایش در سدهٔ هفدهم ادامه داشت.

شمع پیهی در ابتدا با فروبردن فتیله در مادهٔ مذاب تهیه می‌شد، این عمل آن‌قدر تکرار می‌شد تا شمع قطر دلخواه را به‌دست آورد. در این رشته هم می‌توان گفت که مهارت شمع‌سازان به‌جایی رسید که تجهیزاتی کاملاً مناسب کار خود ایجاد کردند.

پیهی که برای این منظور به‌کار می‌رفت مخلوطی از دنبهٔ گوسفند و چربیهای گاو بود که آن را در دیگی مسین با احتیاط آب می‌کردند. دنبه و پیه را قبلاً تکه‌تکه کرده سپس در دیگ می‌ریختند تا در مدت کمتری آب شوند. کف مذاب را می‌گرفتند و آخرین ناخالصیها را با افزودن کمی آب رسوب می‌دادند. چربی را در حالت گرم در لگن چوبی می‌ریختند و با ابزاری مسی از آن استفاده می‌کردند.

از آغاز سدهٔ هفدهم فتیله‌ها را از نخ پنبه می‌ساختند. کلاف نخ را روی چرخ نختابی باز می‌کردند و به تناسب قطر شمعی که باید ساخته شود چندین نخ را در یکدیگر می‌تابیدند، آنگاه با چاقوی برش فتیله به طول دلخواه آن را می‌بریدند. این چاقو دارای تیغه‌ای ثابت و میله‌ای بود که فاصلهٔ آن تا تیغه، مطابق طول شمع تنظیم می‌شد، بدین ترتیب به‌طور خودبه‌خود میله‌ای با تعداد فتیلهٔ مورد نیاز به‌دست می‌آمد. نخ هر فتیله روی پشت میله گذاشته می‌شد. هر دو تار نخ با گردش انگشت در یکدیگر تابیده می‌شدند.

فتیله را در پیه آب‌شده که در ظرفی به‌شکل مخصوص به نام لجه بود فرو می‌بردند. همهٔ فتیله‌های روی میله را با پیه می‌آغشتند آنگاه بیرون آورده، می‌گذاردند تا پیه اضافی چکه کند. در مدتی که کارگر سرگرم آماده‌سازی میله‌های دیگر بود، پیه سفت می‌شد. کارگر چندین میلهٔ آغشته به پیه آماده می‌کرد. و هرکدام را با اصطلاحی، مشخص می‌ساخت؛ بدین ترتیب رفته رفته به قطر شمع افزوده می‌شد تا به اندازهٔ دلخواه می‌رسید. آنگاه با چند عمل پرداخت به‌کار پایان می‌داد.

یک کارخانه‌دار شمع‌سازی به نام بره[1] که در حومه سن آنتوان امتیاز تأسیس یک مانوفاکتور درباری را از کلبر دریافت داشته بود طریقه شمع‌سازی قالبی را، اگر نه اختراع، بسیار تکامل داده بود. قالب، لوله‌ای از قلع بود که ته آن با درپوش متحرکی بسته می‌شد و در سر آن قیف کوچکی به لوله جوش خورده بود که این قیف به قلابی متصل بود. درپوش، سوراخی داشت که فتیله از طریق آن به کمک سوزن فلزی نازکی وارد لوله می‌شد. فتیله سرش از قیف بیرون می‌آمد و به قلاب بسته می‌شد. قالبها به ردیف روی میز خاصی که دو طبقه داشت، چیده می‌شدند که ردیف نخست، سوراخهایی به قطر قالب داشت و ردیف دوم لاوکی برای گرفتن پیه‌های اضافی. پس از

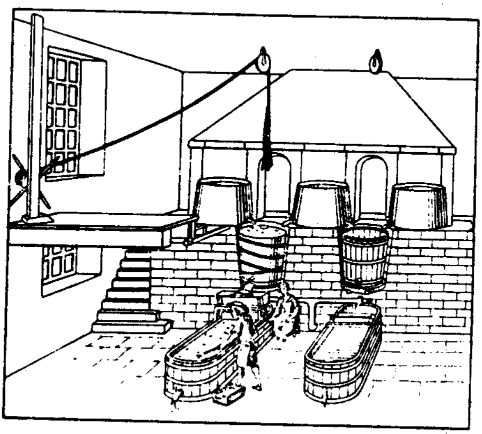
1. Brez

سرد شدن شمع درپوش برداشته می‌شد و شمع را بدون اینکه نیازی به پرداخت و دستکاری آن باشد، بیرون می‌آوردند.

تولید شمعهای مومی و قدی تنها از موم بود. این شمعها نسبتاً گران تمام می‌شدند اما روشنایی آنها بیشتر بود. بعدها، پس از کارهای شورول با تولید شمعهای استئارینی توانستند مزیت شمعهای مومی را با بهایی کمی گرانتر از شمعهای پیهی به‌دست آورند، اما شمعهای پیهی به مجرد اینکه چراغهای روغن‌سوز در شروع سدهٔ هجدهم تکامل جدی یافتند از رواج افتادند. این بررسی در جلد آینده کتاب دنبال خواهد شد.

مومی که برای شمع‌سازی به‌کار می‌رفت، می‌بایست تصفیه و سفید شده باشد. این کار در یک رشته عملیات که سه بار تکرار می‌شدند، انجام می‌گرفت. طی این عملیات موم آب می‌شد و آن را در آب سرد، روان می‌کردند یا به‌شکل صفحات نازکی می‌گستردند. این صفحات یا قطرات موم را از آبکش مسین بزرگی می‌گذراندند تا آب آن جدا شود. سپس موم را حدود ده روز بر روی برزنتی در معرض آفتاب قرار می‌دادند. طی این کار آخری، موم با کمک قالبهای استوانه‌ای به‌شکل میله‌هایی در می‌آمد. احتمالاً در نیمهٔ نخست سدهٔ هجدهم در وسایل و تجهیزات این کارها اصلاحات مهمی پدید آمد. چون دیگ ذوب مس در بالا قرار داشت موم از آنجا به درون ظرفهایی که مشرف بر نوعی آسیای دستی بودند، می‌ریخت و از آن آسیا به‌طور خودکار به‌شکل نوار بیرون می‌آمد (شکل ۲۲).

شمعهای مومی به دو طریق ساخته می‌شدند: حدیده‌گذرانی و شمعریزی. طریقه حدیده‌گذرانی

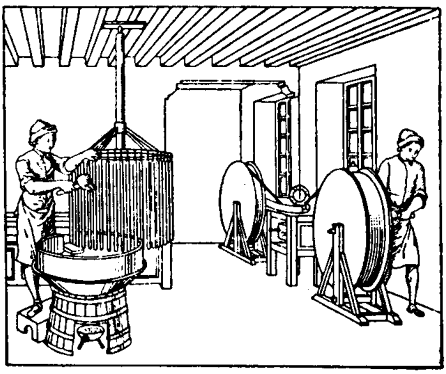


شکل ۲۲.کارگاه تصفیه و سفید کردن موم (Encyclopedie).

در اواسط سدهٔ هفدهم بوسیله یک مومکار پاریسی به نام پیر بلزیمار[1] اختراع شد. در این طریقه فتیله را در موم آب‌شده به‌شکل رفت‌وبرگشتی، حرکت می‌دادند. فتیله از نخهای کتانی بود و بین دو غلتک بزرگ که بوسیله دسته‌ای می‌گردیدند، کشیده می‌شد. نخها با موم آغشته شده و از میان سوراخی عبور داده می‌شدند تا شمع قطر معین داشته باشد. با این روش شمعهایی به طول ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر تهیه می‌کردند که بعد تکه‌تکه می‌بریدند و به‌شکل قطعات استوانه‌ای یا مسطح، شبیه شمعهای کنونی فروخته می‌شد (شکل ۲۳).

کمی بعد، گویا در شروع سدهٔ هجدهم طریقه شمعریزی اختراع شد. در این طریقه فتیله‌ها را از یک حلقه آویزان می‌کردند و کارگر مربوطه با قاشقی مسین روی آنها موم آب‌شده می‌ریخت. طی جریان تولید، شمعها از لوله‌ای می‌گذشتند تا کاملاً استوانه‌ای شوند. در پایان شمعها که فتیلهٔ آنها چیده و خشک شده بودند در قسمت رنگبری سفید می‌شدند.

روغن نهنگ و موم کافوری: برای اینکه با موادی که استخراج آنها در سدهٔ هفدهم اهمیت یافت، آشنا شوید چون بررسی همهٔ آنها میسر نیست، فقط از آنهایی گفت‌وگو می‌کنیم که از نهنگها و ماهیهای عنبر به‌دست می‌آیند. معلوم است که صید نهنگ از اواسط سدهٔ هفدهم بوسیله اهالی باسک و هلند انجام می‌گرفت. فرانسواسوپیت[2] که راه ذوب کردن روغن نهنگ را در دریا یافت، روشی که تا امروز نیز تغییری نکرده است، اهل سیبور[3] فرانسه بود. در این روش اجاق را که در



شکل ۲۳.تولید شمعهای مومی. در سمت راست، تولید شمعهای دراز تاخورده؛ در سمت چپ، تولید شمع قدی مومی با ریختن شمع روی فتیله‌ها (Encyclopedie).

1. P. Blesimare 2. F. Soupite

۳. Ciboure دهستانی در منطقه پیرنهٔ اقیانوس اطلس، در ناحیه باسک فرانسه.

لبهٔ کشتی کار گذاشته شده است با چربیها و روغنهای سوخت و مانده‌هایی از پختهای پیشین گرم می‌کنند. روغن نهنگ برای مقاصد گوناگونی مصرف دارد: تصفیه گوگرد، نرم‌سازی چرم، خوشنماکردن پارچه، تهیهٔ بطانه برای کشتی‌سازی و بالاخره صابون‌سازی. اما موم کافوری که از سر نهنگ مخصوصی (ماهی عنبر) استخراج می‌شد با گرم کردن و شست‌وشوی مکرر تصفیه می‌شد. این موم مصرف دارویی و عطرسازی برای تهیه مرهمها و مواد آرایشی دارد.

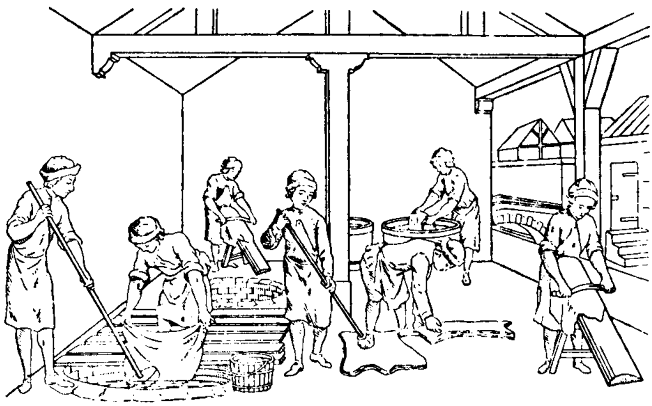
چرم‌سازی: چرم‌سازی به مواد شیمیایی معمولی به‌مقدار زیاد نیاز دارد. دباغی مانند صنایع دیگر بسیار غیرمتمرکز بود. این صنعت می‌بایست در کنار رودخانه‌ها انجام شود زیرا پوستها می‌بایست مدت زیادی تحت تأثیر محلولهای گوناگون قرار گیرند. این تأسیسات در پاریس در کنار رودخانه بیور در حومهٔ سن مارسو قرار داشتند. در تمام طول سده‌های شانزدهم و هفدهم مصنوعات دباغی فرانسه در اروپا ممتاز بود. دباغی سه مرحلهٔ اساسی داشت: نخست پوست را تمیز می‌کردند، سپس پشم و کرک آن را ازاله می‌نمودند، در پایان مازوکاری انجام می‌گرفت.

تمیزکاری در رودخانه انجام می‌گرفت. پوست را چندین بار و هر بار به‌مدت زیاد در آب نگاه می‌داشتند و بر روی چهارپایهٔ چوبی با کاردی هلالی شکل آن‌را تمیز می‌کردند.

مرحلهٔ دوم آهکزنی به پوست بود، برای این کار پوستها را در ظرفهای بزرگ پر از آهک می‌گذاشتند. ظرفهای نخستین از آهک مرده و ظرفهای آخرین از آهک زنده پر شده بودند و پوست در هر ظرف چند روز می‌ماند. در این مرحله از حمامهای اسید، که با محلولهای تخمیرشدهٔ آرد جو تهیه می‌شدند، نیز استفاده می‌شد؛ این عمل بخصوص در انگلستان از اواسط سدهٔ هفدهم معمول گردید. پس از گذرانیدن این مراحل طولانی، کارگران پشم و کرک پوست را ازاله می‌کردند. بسته به نوع پوست مورد دباغی، کار ازاله در جنب شعله یا دود آن انجام می‌گرفت. پس از گذشت این مرحله، پوست را در محلولی از پوست درخت بلوط قرار می‌دادند.

مازو در پوست بلوط جوان ایجاد می‌شود و در آسیابی مخصوص آن را خرد می‌کنند. انگلیسیها ترنجبین هم به مازو می‌افزودند. خود عمل مازوکاری در گودالها انجام می‌گرفت، پوستها را در گودالی محتوی آب گرم مخلوط با مازو می‌گذاشتند و مدت زیادی آن را حرکت می‌دادند، سپس پوستها را با آب سرد شسته و چندین بار دیگر این عملیات تکرار می‌شود. مدت کار مازوکاری و تفاوتهای جزئی کار بستگی به نوع پوست و کیفیت دلخواه چرمی بود که در نظر داشتند.

کار روی پوست در رشته‌های دیگری نیز انجام می‌شد از آن جمله: چرم‌سازی، دباغی مجاری (با زاج و نمک دریا، بعد پیه مالی)، تیماج‌سازی، زاغکاری (دباغی با زاج و خاکستر و آب)،



شکل ۲۴.کارگاه زاغکاری، عملیات شست‌وشو، کاردکشی و غلتکزنی (Encyclopedie)

جیرسازی (شکل ۲۴). اما هر پوست توجه خاصی لازم دارد که یا در مورد تظریف چرم است و یا ایجاد کیفیات خاص در آن، در چرم‌سازی چرم گاو، گاومیش، گوساله یا گوسفند و بز را تظریف می‌کنند تا از آنها برای سراجی، زین‌سازی (با لکه‌کوب کردن و چکشکاری روی سندان بعد از مرطوب ساختن)؛ گرفتن گوشتهایی که بعد از مازوکاری هنوز مانده‌اند، پیه‌مالی چرم و کار روی آن با آلات مخصوص استفاده کنند.

دباغی به سبک مجارها در مواردی که در نظر بود چرمی از پوست محکم گاو برای زین‌سازی، سراجی و کالسکه تهیه شود، عملی می‌شد. در این روش به‌جای مازو، زاج و نمک دریا به‌کار می‌رفت. روش اخیر با کز دادن پوستی که با پیه چرب شده بود روی آتش تند زغال، درحالی‌که سمت گوشت‌دار پوست بطرف شعله بود، انجام می‌گرفت.

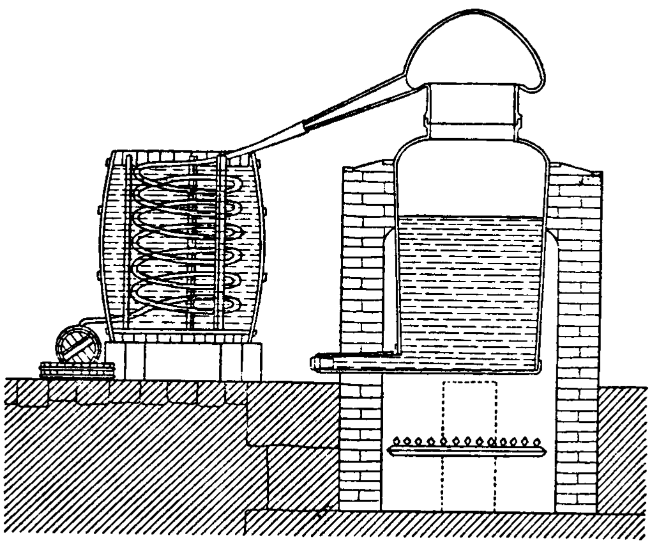
تیماج‌سازی، زاغکاری و جیرسازی، پوست مناسب دستکش و تیماج ایجاد می‌کنند. در تیماج‌سازی از پوست بز که با چوب سماق دباغی شده بود استفاده می‌کردند. پوستها را جفت‌جفت، گوشت روبه‌روی گوشت به‌هم می‌دوختند؛ کیسه‌هایی که بدین ترتیب تهیه می‌شد با سماق پر می‌کردند و آنها را در آب سماق می‌خواباندند. جیر را از پوست بز کوهی یا گوسفند (زیرا جیر قلابی هم فروخته می‌شد) تهیه می‌کردند. پوست را در آب آهک می‌خواباندند، سپس آن را غلتک می‌زدند و با روغن چرب می‌کردند؛ در بین این عملیات، شست‌وشو و کاردکشی هم انجام می‌گرفت.

صنایع غذایی: صنایع غذائی در این زمان تنها شامل مشروبات تخمیری تهیه شده از غلات؛ تقطیر شرابها و الکلها بود، که سرکه را هم برای تولید اسید استیک از الکلها به‌دست می‌آوردند؛ و

بالاخره بو دادن دانه‌های قهوه و کاکائو و ساختن شکلات و تهیه شکر از نیشکر بود.

در مورد مشروبات تخمیری حبه‌ای باید گفت که ساخت آنها از دیرباز، احتمالاً از دوران سلطهٔ گال ـ روم رسم شده است. طی سدهٔ هجدهم صنایع مشروبات الکلی در کشورهایی از اروپا تأسیس شد که در این رشته از تولید شهرت یافته بودند. معلوم است که جو را برای تخمیر روی کف آجرچینی شدهٔ انبارهای بزرگ پهن می‌کردند و به‌طور مرتب روی آن آب می‌پاشیدند و آن را برمی‌گردانیدند. سپس آن را روی صفحه آهنی مایلی تاب می‌دادند تا جوانه نزنند. با گرم کردن مخلوط این مالت و غله دیگری مانند گندم، جو دوسر یا ارزن در تشتی پر از آب آبجو تهیه می‌شد. طی این عملیات نشاسته هیدرولیز و حل می‌شد. این محلول را برای خارج کردن دُرد آن وارد ظرف دیگر می‌کردند، و با گیاه رازک آن را می‌پختند. در پایان، این مایع چسبنده و ژله‌ای را می‌گذاشتند تا تخمیر شود.

تکنیکهای تقطیر شرابها و الکل هیچ تحولی نداشتند جز اینکه قرع و انبیق کاملتر و بزرگتری ساخته می‌شد (شکل ۲۵). در مورد فراورده‌های دیگر غذائی روشن است که در آغاز دوران مورد بررسی با اروپاییها به تازگی با آنها آشنا شده بودند. تولید آن فراورده‌ها هنوز در حد پیشه‌وری بود، گرچه روشهای ساخت آنها کاملاً شناخته شده بودند و مصرف آنها نیز بسرعت افزایش می‌یافت.



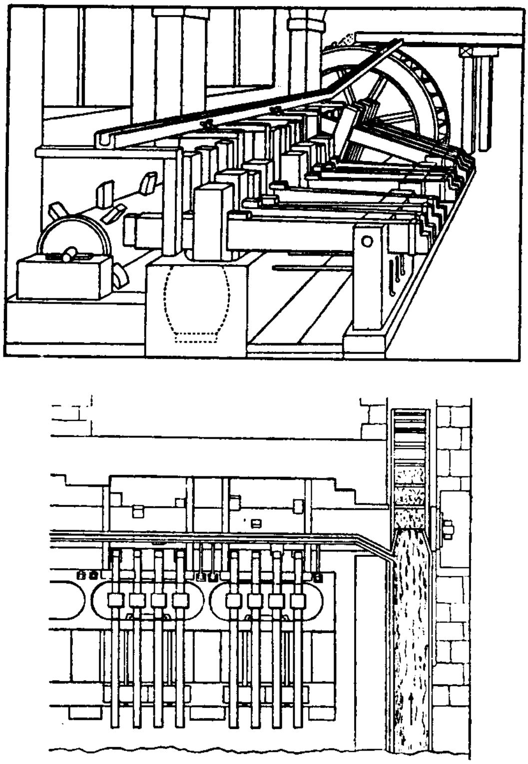
شکل ۲۵. مشعل برای تهیهٔ عرق، حدود سال ۱۷۷۵ (De Machy. Art du distillateur-liquoriste).

در فاصلهٔ بین سدهٔ شانزدهم و پایان سدهٔ هجدهم، این صنعت کوچک تکنیکهای نسبتاً سادهٔ خود و نیز مادهٔ خام تولید خود را که تا پایان سدهٔ نوزدهم هیچ تحولی در آنها پدید نیامد، به‌کار انداخت. تنها استثنای این حکم پیدایش فراورده‌های نوین غذائی مانند قند چغندر قند است که تولید آن فقط در اواسط سدهٔ نوزدهم، شکل یک صنعت واقعی را یافت.

تولید کاغذ: آخرین فعالیت صنعتی که شرح تحول آن بین سدهٔ شانزدهم تا هجدهم شایان بررسی است تولید کاغذ می‌باشد. تاریخ مطول کاغذسازی در جلد پیشین این کتاب در چند فصل بررسی شده است. تکنیکهای کاغذسازی تا پایان سدهٔ هجدهم از تحولی اساسی برخوردار نشدند و تنها در قسمت سازمان کار و تجهیزات تولید پیشرفتهایی دیده شد. از جمله تمهید نیروهای محرکه برای کوبه‌های مکانیکی بود. این تجهیزات با مصالح بهتر و شکل منطقیتری ساخته می‌شد.

تولید کاغذ نیز مانند تعداد زیادی از کارخانه‌های دیگر با همت و مراقبت کلبر در سال ۱۶۷۱ سازمان یافت. این سازمان در واقع کاری جز بازشناسایی و تدوین عملیات رایج و معمولی انجام نداد و به‌آهستگی این صنعت را در نیمهٔ نخست سدهٔ هفدهم در محدودهٔ تکنیک آن دوران به‌حد کمال رسانید. مادهٔ خام لازم برای تهیهٔ خمیر کاغذ صرفاً تکه‌پاره‌های کتان یا کنف بود. این کهنه‌ها را می‌شستند سپس بر روی تیغه‌های برنده‌ای که به میزی تثبیت‌شده بودند، پاره‌پاره می‌کردند؛ آنگاه پاره‌ها را در تشتهای پر از آب می‌گذاشتند تا پوسیده شود. پارچه‌ها زمانی که از این تشتها بیرون آورده می‌شدند به دستگاه ژنده‌سازی برده می‌شدند. در این کارگاه کارگران بوسیلهٔ داسغاله‌هایی که عمود کار گذاشته شده بودند، نوارهای پارچه را تکه‌تکه می‌کردند. در این وقت این ژنده‌ها را در زیر چکشهای مکانیکی قرار می‌دادند. در دستگاه اول چکشکاری، ته هاون و سر چکشها با صفحهٔ آهنی پوشیده شده است (شکل ۲۶). خمیری که از این قسمت خارج می‌شود به قسمت باتری کوبه‌ها برده می‌شد. کوبه‌های این قسمت سر آهنی ندارند. سرانجام خمیر کاغذ را در جعبه‌هایی می‌گذاردند تا خشک شود. زمانی که این خمیر قابل استفاده می‌شد آن را از زیر یک چکش مکانیکی دیگر می‌گذرانند.

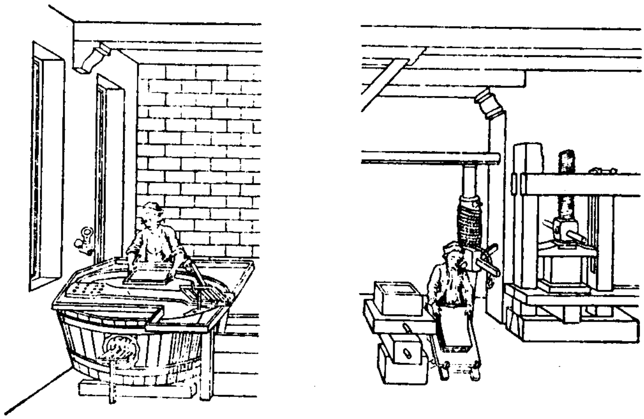
خود کاغذ به‌شکل اصلی تولید می‌شود. خمیر کاغذ را در تشتهای دارای آب گرم، که قالب هم در آن گذاشته شده است در قالب می‌ریزند. این قالبها از چوب ساخته شده‌اند که کف آنها الک بسیار ریزی از برنج است. کل این دستگاه بواسطه سیمهای ضخیم برنجی بزرگتری کشیده شده‌اند. در این الکلها مارک کارخانه و علامت مشخصه و اندازه ورق کاغذ نقش شده است. این سیمها و مارکها همچون ته نقشی در ضخامت ورق اثر می‌گذارند. پس از برداشتن کاغذ از قالب



شکل ۲۶.در بالا، نمای یک آسیای کاغذ؛ در پایین، نقشه تشتها و باتری چکشها (Encyclopedie).

کارهای متعددی پشت سر هم روی کاغذ انجام می‌گیرند. دستگاه ورق‌برگردان، کاغذ آب گرفته را روی نمد برمی‌گرداند. و نمد دیگری روی آن می‌نهد تا ورق کاغذ دیگری روی آن گذاشته شود. دسته کاغذهای میان نمدها را زیر دستگاه پرس می‌بردند؛ کاغذها را از نمد جدا کرده و یک بار دیگر پرس می‌کردند (شکل ۲۷). کاغذها را روی طناب خشک می‌کردند و در چسب مایع روشن و گرمی فرو می‌بردند. این چسب از خرده پوست یا پارشمن ساخته می‌شد که زاج سفید (سولفات آلومینیم) به آن افزوده می‌شد. کاغذ یک بار دیگر زیر پرس می‌رفت و باز آن را خشک می‌ساختند و سرانجام به‌صورت بند و دسته بسته‌بندی می‌شد.

سال ۱۶۷۱ که در آن برای هر کاری قاعده و قانون گذاشته شد، در مورد کاغذ هم قرار شد مطابق گذشته هر ۲۵ ورق را یک «دسته» و هر ۲۰ دسته را یک «بند» گویند. این تقسیم‌بندی و نیز قطعهای شناخته‌شدهٔ کاغذ در آن زمان، تا امروز هم (با اختلافهایی جزئی در کشورهای



شکل ۲۷.کارگاه کاغذسازی. سمت چپ، کارگری ورق کاغذ را از قالب بیرون می‌آورد؛ سمت راست، بردن توده کاغذ و نمد به دستگاه پرس (Encyclopedie)

مختلف) برقرار است. گرچه از دهها سال پیش از این اصطلاحات قطعهای کاغذ از رواج افتاده‌اند، اما آن اندازه‌ها دقیقاً رعایت می‌شوند. اصطلاحاتی که تا زمان ما هم رواج زیادی دارند، همان‌طورکه درگذشته تذکر دادیم مرتبط با علامتهای مشخصه و الزامی است که در ته نقشهای کاغذهای فرمی دیده می‌شود. کلمات: درخت انگور، گلدان، عقاب بزرگ، خورشید و غیره در ته‌نقش نشان‌دهندهٔ تصاویر آنهاست، درحالی‌که تصویر مسیح نماینده واژهٔ آن است، و تصویر: تاج، نشان دولتی بازرس کل مالیه، کاغذ telliere نشان دولتی تلیه خزانه‌دار است. کاغذهای مخصوصی هنوز نام و مشخصات خود را حفظ کرده‌اند. کاغذ Serpente کاغذ بسیار ظریفی است و با ته‌نقش مار مشخص می‌شود. کاغذ Joseph نوعی کاغذ آبی‌رنگ است که برای بسته‌بندی قند و شکر به‌کار می‌رود؛ کاغذ خاکستری برای الگو مورد استفاده است، و غیره. این کاغذها در سدهٔ شانزدهم و یا در اوایل سدهٔ هفدهم ساخته شده‌اند و با وجود همهٔ تغییراتی که این رشتهٔ صنعتی در اواخر سدهٔ هجدهم به خود دیده است، با همان مشخصات نخستین، امروز نیز رواج دارند. سخت‌جانی این استانداردها اتفاقی نبوده است و همچنین نتیجهٔ احترام به نظر و کار پیشقدمان این صنعت هم نیست، بلکه نشان‌دهندهٔ این واقعیت است که در سدهٔ هفدهم این رشته از صنعت به چنان ارتقایی دست یافت که هنوز هم پس از گذشت سده‌ها به نیازهای ما پاسخ می‌دهد.

یک دورهٔ انتقالی: صنایع شیمیایی مورد بررسی این فصل در دورانی تکامل یافتند که مدتها آن را بی‌اهمیت می‌پنداشتند. درخشش کارهای لاووازیه و دیگر شیمیدانهای این نسل در وهله نخست

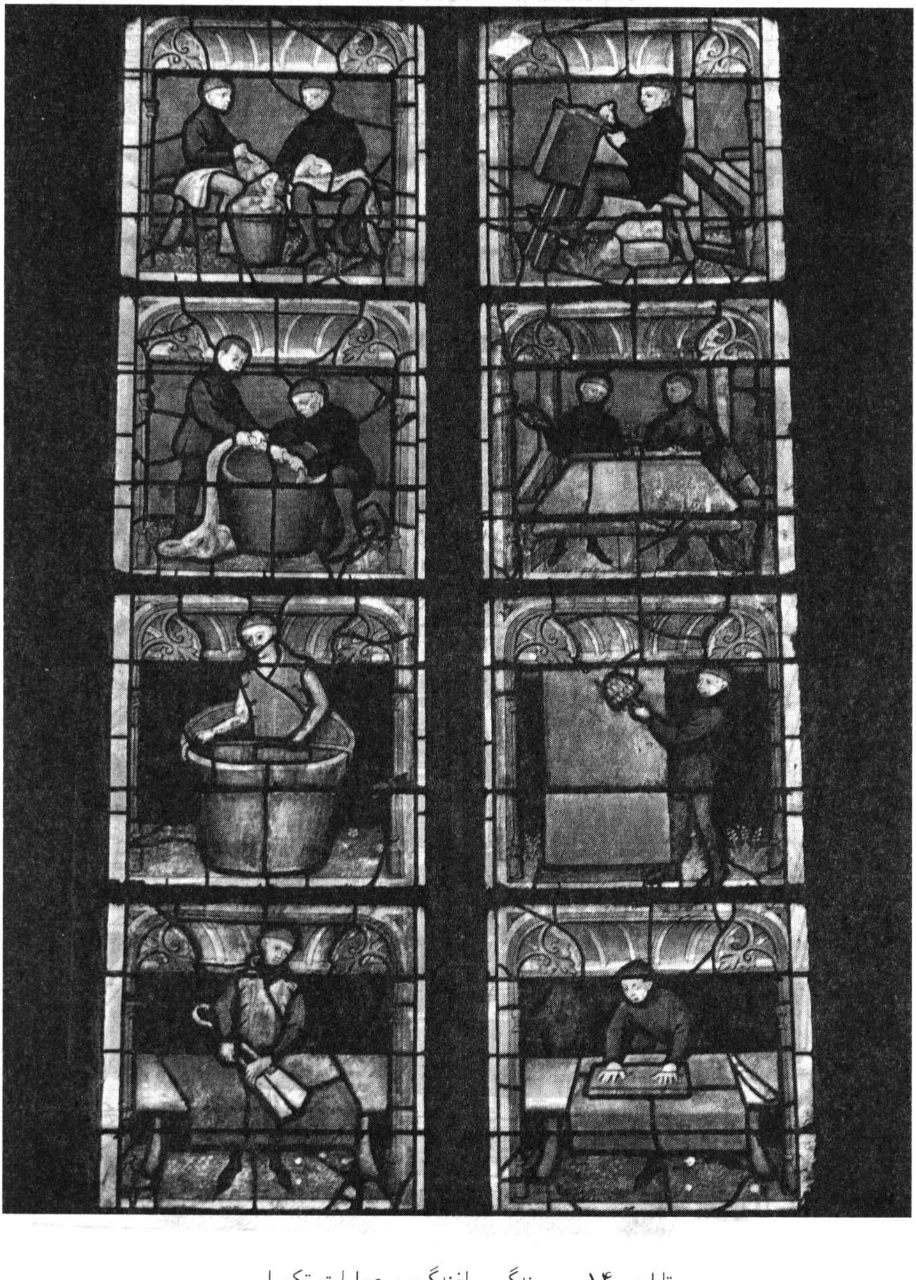
این گمان را پیش می‌آورد که پیش از آنها شیمی وجود نداشته است. مورخان رشته شیمی اکنون خطای خود را جبران می‌کنند اما این احساس خود را دارند که صنایع بزرگ شیمیایی با آغاز سدهٔ نوزدهم پدید آمد و بین تکنیکهای ساخت فراورده‌های شیمیایی، مثلاً در زمان آگریکولا و دوره دایرةالمعارف دیدرو، هیچ تفاوتی دیده نمی‌شود. در واقع همه این دوران انتقالی اهمیت بسیار دارد. با بررسی آنچه که پیش از این دوران انجام گرفته است می‌توان گفت که اگر در این دوران روشهای اصیل متعددی پدید نیامده است اما پایه‌های یک تکنیک نوین تولید بزرگ گذاشته شده است که در سدهٔ نوزدهم صنایع نوین شیمیایی بر روی آن برپا گردید. وانگهی بی‌فایده نیست که در مورد برخی عملیات جزئیاتی مطرح شود تا در جلدهای بعدی این کتاب کیفیت دقیق این تغییرات که در دورانهای بعد موجب پیشرفت تکنیک شد بخوبی فهمیده شود.

کتابنامه

AGRICOLA, *De Re Metallica*, 1re éd., 1530.
BAUD (Paul), *L'industrie chimique en France*, Paris, 1932.
BIRINGUCCIO, *La pyrotechnie*, trad. franç. de 1627 ; 1re éd. *De la Pirotechnia*, 1540.
BEAUVAIS-RASEAU (De), *L'art de l'indigotier*, 1770.
Planches de l'*Encyclopédie*, t. III, IV, V, VI, VIII, X, XV.
MACHY (De), *L'art du distillateur d'eaux-fortes*, 1773.
— *L'art du distillateur liquoriste*, 1775.
PARTINGTON (J. R.), *Origins and Development of Applied Chemistry*, Londres, 1935.
SHERWOOD TAYLOR (F.), *A History of Industrial Chemistry*, Londres, 1957.



تابلوی ۱۳. آسیای کاغذ.



تابلوی ۱۴. ریسندگی، بافندگی و عملیات تکمیل.

۱۱

صنعت نساجی: نخریسی، بافندگی و تکمیل

طی سدهٔ هفدهم چند اختراع واقعی و چند اصلاح در مراحل گوناگون تولید پارچه، پایه‌گذار تحولی از تکنیک بود که با سرعت گرفتن در اواسط سدهٔ بعد، منجر به یک انقلاب صنعتی شد. سدهٔ هفدهم را نمی‌توان دوران تحولات سترگ نامید و تنها در بعضی از رشته‌ها نوآوریهایی داشته‌است و محرک این نوآوریها هم‌اقتصاد نبود، بلکه می‌توان آنها را در یک کلام، داروهای آرامبخشی برای نارساییهای شدید تکنیکی دانست.

نوآوریهای اساسی این دوران نه در نوع نخ مورداستفاده بود و نه در آماده‌سازی آن.

در مورد نوع نخها، یک حقیقت را باید دانست و آن رنسانسی بود که در محصول پنبه ایجاد شده بود. در قرون وسطی پنبه محصولی کاملاً شناخته شده بود (شهرهای اولم، ونیز، و نیز یونان و جزایر واقع در مدیترانهٔ شرقی بخوبی آن را می‌شناختند). حدود سدهٔ پانزدهم و طی سدهٔ شانزدهم، غرب (روم) هنوز آن را از شرق طالع وارد می‌کرد اما از آن برای کارهای به‌اصطلاح پست مانند فتیلهٔ شمع قدی و چراغ روغنسوز و انباشتن (بالش، تشک و . . .) استفاده می‌شد. با آغاز سدهٔ هفدهم کاربرد آن بسیار گسترش یافت. نخستین اشارهٔ کتبی به آن در این سده از سال ۱۶۴۱ و

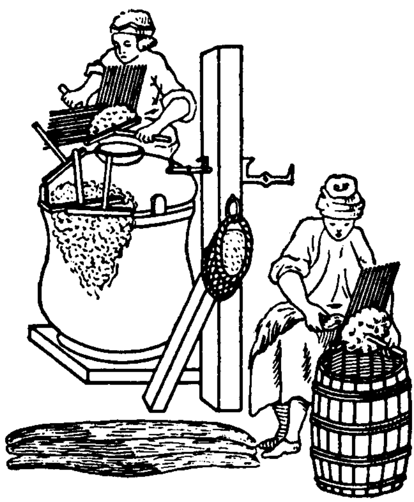
مربوط به مانوفاکتوری در انگلستان است.

در مورد آماده‌سازی نخها می‌توان گفت که، هیچ‌گونه نوآوری در قسمت نخهای کتانی و پشمی به‌وجود نیامد. در مورد نخهای پشمی، مرحله فتیله آماده‌سازی پشم شانه‌خورده، پیش از عمل ریسندگی، اهمیت خود را حفظ کرد (شکل ۲۸).تکنیک فتیله‌سازی، ریشه در جهان باستان دارد. هومر در کتاب ادیسهٔ خود از این کار نام برده است و در مینیاتوری از مجموعهٔ «زنان نجیب» کار بوکاتچو و نیز در گچبری موجود در درآیگاه شاهی کلیسای جامع شارتر، این عملیات نمایش داده شده‌اند. نخ پشمی شانه شده در مانوفاکتورهای پارچه‌های پشمی سبک و در جوراب بافی به‌کار برده می‌شد و با استفاده از دستگاه کشبافی متداول شد.

نوآوری عمده‌ای که در این دوران درکار آماده‌سازی نخهای ابریشمی پدید آمد تابدادن مکانیکی نخهای پیله بود که در آغاز سدهٔ پانزدهم بوسیله ماشین تاب در ایتالیا سازمان یافت. در پایان این فصل چند جمله‌ای دربارهٔ این ماشین مهم خواهیم گفت.

چیزی که اکنون باید بگوییم چند کلمه‌ای دربارهٔ شرایط کلی پیشرفت تکنیک بین سدهٔ پانزدهم و آغاز سدهٔ هجدهم است با در نظر گرفتن عواملی که تأثیر تعیین‌کننده در آن داشته‌اند.

چنانچه مسائل را واقعاً در دوران پیشه‌وری بررسی کنیم، معلوم می‌شود که بعضی کارهای بسیار خرد و فوق‌العاده تکرارپذیر، دون شأن بشری محسوب می‌شوند. به‌همین علت، بی‌درنگ اندیشهٔ



شکل ۲۸.شانه‌زنی پشم (Encyclopédi méthodique).

اجرای مکانیکی آنها، مانند تابدادن نخهای ابریشم (سدهٔ پانزدهم، در ایتالیا)، نواربافی (آغاز سدهٔ هفدهم، در هلند)، جوراب‌بافی (سدهٔ هفدهم، فرانسه)،از خاطر می‌گذرد.

در مورد تابدادن نخهای ابریشم باید دانست که برای تهیهٔ یک کیلوگرم تار دولای تابیدهٔ ابریشم، صد تا دویست میلیون نخهای به‌هم تابیده لازم است، برای جوراب‌بافی باید ۱۵۰۰۰۰ تا ۱۷۵۰۰۰ گره زد؛ و نیز برای بافتن پارچه‌های بسیار کم‌عرض ابریشمی، بهای تمام شده نوارها غیرقابل تحمل بود، اما برای یراقهای کتانی، و بعدها پنبه‌ای، این بها مقبول بود.

نوآوریهای دیگری که به‌کار گرفته شدند گرچه ارزش کمی داشتند (افزایش بازدهٔ کار)، اما جنبهٔ کیفی آنها نیرومندتر بود. برای خرید یک پارچهٔ معیّن، مشتری به دنبال یکنواختی رویهٔ آن، یکدستی نخها و . . . می‌رفت، که مربوط به دستگاه خوابدار کردن پارچه و اطوی برق‌اندازی پارچه‌های پشمی و سرژه پشمی است. درکار با ماشین، سطحی از پارچه که زیر ارگانهای فعال قرار می‌گیرد، از حدود گسترهٔ دست بشر بسیار فراتر می‌رود؛ وانگهی استفاده از ماشین سبب می‌شود که کار به‌طور پیوسته انجام گیرد و یکنواختی و یکدستی و قاعده‌مندی در نتیجهٔ آن به‌دست آید.

اگر حذف باز و تا حدی انگیزهٔ کوشش و فعالیت نوآوران بود؛ علت آن را نباید در دلسوزی نسبت کار و رنج زنان و کودکان دانست، بلکه این فشار نیاز شدید به‌دست کار بود که به‌طور فصلی زیاد و کم می‌شد. هر سال در اوان بازار مکارهٔ بزرگ تناسب بین مقدار نیاز و عرضه کارگر به‌هم می‌خورد و دست کار به‌اندازهٔ نیاز مؤسسات به کارگر نبود.

درنظر داشتن نتایج کیفی ازبازده کمی پیشی می‌گرفت. این نوآوریها، جز در قسمت جوراب‌بافی و نوار هنوز به مرحلهٔ انتقال به‌تولید صنعتی نرسیده بودند، بویژه برای اینکه مراحل دیگر تولید پارچه هنوز هم با دست بود.

دستگاه نواربافی: دار نواربافی دستگاهی است که بافندگی تعدادی نوار را همزمان به توسط یک دستگاه و یک کارگر ممکن می‌سازد. دار میله‌ای طلیعهٔ بافندگی مکانیکی است و دو سال زودتر از آن اختراع شد. در بافندگی نوارها، که چیزی جز قطعه پارچهٔ بسیارکم‌عرضی نیست، طول نخ پود کمتر از طول ماسوره است. ماسوره برای گذشتن از نخ تار نیازی به پرتاب شدن ندارد، تنها حرکت کوتاهی برای انتقال آن از یک لبهٔ این پارچه مینیاتوری به لبهٔ دیگر کافی است. این امر توضیح می‌دهد که چرا بافندگی مکانیکی نوارها بسیار زودتر از پارچه‌های با عرض معمولی رواج یافت.

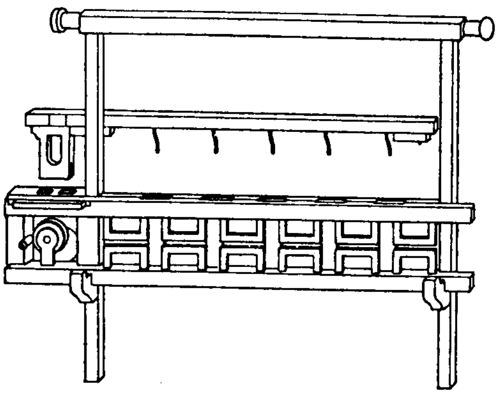
بدین‌ترتیب تنگی دامنهٔ حرکت جلو و عقب‌روندهٔ ماسوره است که دستگاه نواربافی را از دستگاههای بافندگی پارچه‌های معمولی متمایز می‌سازد. در مورد دستگاههای معمولی، یا دارهای

دستی مجهز به ماسورهٔ جان کی[1]، ماسوره در واقع از این حاشیه‌به‌حاشیه دیگر، مسیری حدود ۱/۲۰ تا ۱/۹۰ متر را می‌جهد.

دارهای نواربافی، عرضی حدود دار پارچه‌های عریض را دارند، لیکن در این عرض تعداد ۲۴ نوار و حتی بیشتر را می‌بافند. در سراسر طولی که شانه (دفتین) می‌زند، شمشیرکی با انگشتهای فلزی قرار داده شده است. بادامکی پیش از هر ضربهٔ دفتین، متناوباً بین حرکتهای از راست‌به‌چپ و از چپ‌به‌راست این شمشیرک را تکان می‌دهد. دامنهٔ این تکان دقیقاً بستگی به‌مسیرهای ماسوره دارد؛ انگشتیهای فلزی نقش انتقال تکان را به ماسوره دارند (شکل ۲۹).

معلوم است که چهار عمل مشخصهٔ بافندگی ماشینی عبارتند از: ۱) بالا و پایین بردن میلمیلک (تارکش)؛ ۲) حرکت ماسوره؛ ۳) شانه‌زنی پودی که ماسوره گذاشته‌است؛ ۴) باز کردن نخ تار و پیچیدن پارچهٔ بافته شده. در دستگاههای نواربافی، این چهار کار همزمان انجام می‌گیرد و بر پایهٔ حرکت یک میلهٔ اصلی گردنده است که طلیعهٔ همهٔ کارهایی است که پس از سال ۱۷۹۶ در زمینهٔ بافت پارچه انجام پذیرفت.

مخترع دستگاه نواربافی شخصی با نام ویلم دیریکزون وان سونه ولت[2] بود. او در فلاندر فرانسه در منطقهٔ هوندشوته[3] (اکنون در ایالت نورد) می‌زیست. زندگانی این شخص معلوم نیست.



شکل ۲۹. قسمتهای اصلی (باز شده) دستگاه نواربافی: در پایین، شانه (دفتین) با مقرهای ماسوره؛ در بالا و پشت، میله و انگشتیهای فلزی که به ماسوره‌ها حرکت رفت‌وبرگشتی می‌دهند.

---

۱. J. Kay مخترع انگلیسی که پودگذار را اختراع کرد و در سال ۱۷۳۳ به‌ثبت رسانید. کارگران ماشین او را خطرناک دانستند و آن را شکستند. کی به فرانسه گریخت و تا زمان مرگ در آنجا بود.

2. Willem Dierickzoon Van Sonnevelt 3. Hondschoote

نخستین باری که از اختراع او نام رفته است سال ۱۶۰۴ می‌باشد.

اما این اختراع یک سلف هم دارد که دستگاه کوچکی با چند پدال و اختراع شخصی از بندر دانتسیک است. احتمال فراوان می‌رود که این اختراع در سال ۱۵۸۶ در این بندر به نمایش گذارده شده باشد. در این دستگاه چهار تا شش نوار در یک زمان بافته می‌شدند. شهردار این شهر استفاده از آن را بیدرنگ ممنوع اعلام کرد؛ داستان تا آنجا پیش می‌رود که حتی از غرق کردن مخترع همصحبت می‌شود. این دستگاه در پایان سدهٔ شانزدهم در بروژ و آنورس (آنتورپ) هم ممنوع شد. اما از آنجا که می‌توانست در تولیدهای کوچک به‌کار رود حتی پس از رواج دار نواربافی تا حدودی کاربرد داشت.

همان‌گونه که گفته‌ایم کهنترین مرجع موجود مربوط به دار نواربافی ویلم دیریکزون وان‌سونه ولت، ۱۶۰۴ می‌باشد. به‌طور دقیق می‌توان گفت که در روز ۱۰ ژوئیه این سال بود که مخترع نامبرده امتیازکاربرد اختراع خود را به چند کارخانه نواربافی لیدن واگذاشت. در سال بعد، ۱۶۰۵، سونه ولت از مقامات مربوطه امتیاز اختراع خود را به مدت ده سال به‌دست آورد.

تا سال ۱۶۲۳ در نوشته‌ها تنها از لیدن نام برده می‌شود. در سال ۱۶۳۸ این دستگاه به لندن برده شد و از ابتدای سال ۱۶۶۴ وارد آلمان و سپس سویس شد.

در فرانسه در سال ۱۶۶۶ شهردار منطقه پواتو، بارانتن[1] تقاضایی به کلبر تقدیم داشت که در شهر پواتیه چند دستگاه نواربافی تأسیس کند. دستگاههای او ده نوار را همزمان می‌بافت و تا بیست نوار می‌توانست پیش رود. و در سال ۱۷۰۶ شخصی به نام فرانسوا پره‌ول[2] چند دستگاه نواربافی از هلند و اسپانیا وارد شهر لیل ساخت، اما کشمکشهای سالیان بعد فرجام شومی برای کارخانهٔ او پیش آورد. و نیز در سال ۱۷۱۶ او عرضحالی به فرهنگستان علوم ارائه داد و توجه کمپانی را به دستگاه نواربافی جلب کرد. در این زمان بینیون[3] کشیش و رئومور که در کار تهیهٔ مجموعهٔ: *Description des Arts et Metiers* بودند، نقشه‌های دار نواربافی را کشیدند، لیکن این نقشه‌ها چاپ نشد و هنوز در بایگانی انستیتو نگاهداری می‌شود.

قضیهٔ شهر بال را هم می‌بایست ذکر کرد. این شهر به یک شهر نواربافی کاملاً جالبی تبدیل شده بود. مشوق این جریان شخصی با نام ژ. هـ. اومل[4] بود که از سال ۱۷۳۰ یک کارخانهٔ هیدرولیک برپا ساخته بود. این شخص در سال ۱۷۴۵ صاحب ۱۲۲۵ دستگاه نواربافی بود و در سال ۱۷۸۶ تعداد ۲۲۴۶ دستگاه، در شهر بال فعال بودند.

۱. Barentin دهستانی در سن ـ ماریتیم فرانسه.

2. F. Prevel 3. Bignon 4. J. H. Hummel

طبیعی است که گسترش کاربرد این دستگاه با چندین‌بار ممنوعیت بهره‌برداری از آن و شورشهای متعدد کارگران همراه باشد ذکر این شورشها، مفصّل و ملال‌آور است، تنها به این نکته بسنده می‌کنیم که طی مدت ۱۷۹۱ـ۱۷۹۲ کارگران پاریس در جریان نمایش اعتراض‌آمیز خود علیه کاربرد دستگاه نواربافی به‌مجمع ملی، برای نخستین بار اصطلاح «دار مکانیکی» را به‌کار بردند.

اختراع ژن: طرحی از دار مکانیکی که در ۱۶۷۸ بوسیلهٔ ژن[1] در Journal des Savants انتشار یافت، غالباً همچون طرح انجام یافته در نظر گرفته می‌شود. درحالی‌که این طور نیست و فقط می‌توان گفت که ژن، یک افسر دریایی و حاکم جزیرهٔ سن کریستف[2]، یک مکانیسین ممتاز هم بود. ژن با اضافه کردن استوانه‌ای که سطح شیبداری را بالا می‌آورد، ظاهراً بسیار زودتر از ژاک ووکانسون[3] مرغابی خودکاری ساخته بود که می‌توانست راه برود، بخورد و هضم کند.

طرح دستگاه بافندگی ژن، بیش از یک سده زودتر، بدون شک دستگاههای بافندگی مکانیکی را پدید آورد. گویا مخترع فوق طرح خود را از دستگاه نواربافی هلندیها، که در اواسط سدهٔ هفدهم کاملاً رواج داشت، الهام گرفته بود. متأسفانه طرح مکانیکی او، فقط یک اندیشه و از هر جهت غیرعملی بود. این طرح را به‌اختصار می‌توان چنین شرح داد. این دستگاه شامل یک میلهٔ خمیده به‌شکل یک میل‌لنگ دوگانه بود. طنابهایی از این زانوها به رکابها اتصال داده می‌شدند. این رکابها، عیناً مانند یک دار معمولی، گشایش نخ تار را انجام می‌دادند. این میلهٔ خمیده چهار بادامک نیز با خود داشت که دو بادامک که به‌شکل یک چهارم دایره بودند، وظیفهٔ فعال‌سازی شانه را داشتند و دوتای دیگر حرکت دادن متناوب دو بازوی لغزنده‌ای که ماسوره را حرکت می‌دادند. ماسوره به نوبت به توسط فکهایی که در انتهای هر یک از دوبازوی لغزنده قرار دارند، گرفته می‌شود و گشایش نخهای تار با پیشروی همان بازوها انجام می‌گیرد؛ بدین‌ترتیب آقای ژن گمان می‌کرد که از چهار عمل اصلی بافندگی مکانیکی، سه عمل را به کمک یک میلهٔ اصلی گردنده انجام داده است. آقای ژن توضیحات خود را با کلمات زیر پایان می‌دهد: «مؤلف وسیله‌ای هم در اختیار دارد که پارچه به مقداری که بافته می‌شود بسیار آسان روی خود تا می‌خورد.» لیکن مکانیسم این وسیله را شرح نداده است.

آقای ژن از دستگاه پارچه‌بافی که طی آن کارگر ماسوره را از یک دست برای دست دیگر پرتاب

1. Gennes

۲. Saint-Christophe جزیره‌ای واقع در دریای آنتیل.

۳. J. Vaucanson ۱۷۰۹ـ۱۷۸۲ مکانیسین فرانسوی که مرغابی مکانیکی او بسیار جالب بود.

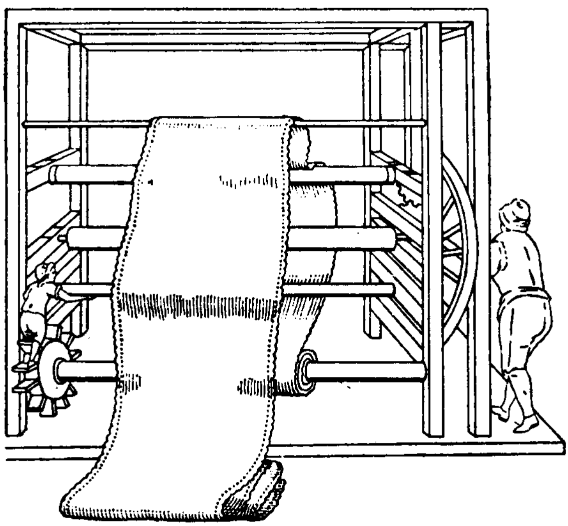
می‌کند، الهام زیادی گرفته است و از حرکت دستهای کارگر تقلید کرده است. آقای ووکانسون هم این طرح را به‌طورکلی اقتباس کرد.

این عمل پرتاب ماسوره، مرحله پرباری برای بافندگی بود (جان کی ۱۷۳۳). بدون این حرکت ماسوره یا به‌اصطلاح جان‌کی (fly shuttle) ماشینی کردن بافندگی امکانپذیر نبود.

آماده‌سازی و تکمیل پارچه‌ها

دستگاههای خارزنی: خارزنی پارچه عبارت است از گذرانیدن یک وسیلهٔ خاردار از روی پارچه تا پرز یا کرک آن بیرون آید. نخستین باری که از این کار سخن رفته است در آثار پلینی بزرگ است. کهنترین طرحی که از یک دستگاه خارزنی در دست است از مجموعهٔ دست‌نبشته‌های لئوناردو است. این ماشین در عمل به‌کار نمی‌آید، آقای زونکا[1] (۱۶۰۷) طرحی داده است که یک دستگاه خارزنی بسیار ابتدایی است، اما ماشینی واقعی است. با این همه حرکات متنوع آن هنوز همزمان نیستند: هماهنگی بین پیشروی پارچه و سرعت دو استوانهٔ خاردار بستگی به‌مراقبت متصدی ماشین و همکار او دارد (شکل ۳۰).

این ماشین می‌تواند کار یکنواخت‌تر و بازدهی بیشتر از کار دست داشته باشد. با این همه



شکل ۳۰.دستگاه خارزنی (زونکا).

1. Zonca

کامل نبودن هماهنگی حرکتها، کاربرد این دستگاه را برای خارزدن پارچه‌های گرانبها ـ حتی در مانوفاکتورهایی که علی‌رغم منع قانونی این ماشین، از آن استفاده می‌کردند ـ متوقف ساخت.

کار این دستگاه خارزنی در سال ۱۶۰۶ بسیار ساده بود. حرکت فلکه‌ای که بوسیلهٔ کارگری می‌گردید دو استوانهٔ خاردار را بسرعت می‌گردانید. پارچه بوسیلهٔ استوانهٔ مقابلی که بوسیلهٔ کارگر دیگری گردانیده می‌شد، آهسته پیش می‌رفت و پس از طی مرحلهٔ خارزنی بر روی همین استوانه می‌پیچید. این دو حرکت هیچ ربطی با یکدیگر نداشتند. دستگاههای خارزنی از زمان سلطنت ادوارد ششم در انگلستان منع شد (آیین‌نامه سال ۱۵۵۱)، همزمان با آن، استفاده از شانهٔ فلزی هم قدغن گردید. این ممنوعیت در دوران جانشینان او ابرام شد، زیرا شانه‌های فلزی و دستگاههای خارزنی از سال ۱۶۴۰ در منطقه گلاستر برای پارچه‌های کم‌بها به‌کار می‌رفت. در سال ۱۷۵۸ در شهر هیتسبری[1] بود که نخستین دستگاه تمام مکانیکی خارزنی به کار افتاد و این واقعه هیجانی فراموش نشدنی پدید آورد. در فرانسه نظامنامه‌ای که در سدان[2] در سال ۱۶۶۶ منتشر شد، اشاره مبهمی به این‌نوع ماشینها دارد.

پرس پارچه: پرس پارچه در یک نقاشی روی دیوار «کارگاه نمدمالان» در شهر بمبئی بخوبی نمایش داده شده است و تمام مراکز پارچه‌بافی همان روش را به‌کار می‌بردند. توپهای پارچه را روی هم می‌چیدند و آنها را تا می‌زدند. یک تختهٔ صاف بین هر دو تا می‌گذاشتند (بعدها مقوا گذاشتند).

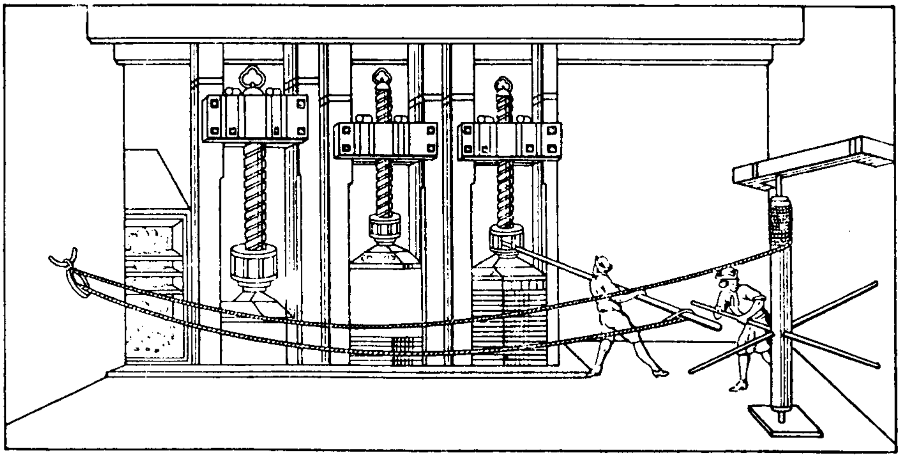
پرس گرم، جلای پارچه را به‌طور چشمگیری می‌افزود. در اروپای غربی از آغاز سدهٔ پانزدهم به این امر واقف بودند ولی مخالف همهٔ مقررات موجود بود. مثلاً در یکی از این مقررات نوشته شده بود: «این نوع پرس پارچه با مخفی کردن نابهنجاریها و نواقص پارچه، به تولیدکنندگان امکان می‌دهد که در دادوستد تقلب کنند.» گرچه این ادعا ممکن است درست باشد، اما در سدهٔ هفدهم پرس گرم پارچه، مرحلهٔ مهمی در کار آماده‌سازی پارچه‌های مرغوب بود و تاکنون نیز چنین است.

گرم کردن ستونی از چندین توپ پارچه که زیر پرس قرار دارند بوسیلهٔ صفحات چدنی که بین تاهای پارچه گذارده می‌شوند، انجام می‌گیرد؛ این صفحات را قبلاً در کوره‌ای تا دمای لازم گرم ساخته‌اند. بدیهی است که این صفحات چدنی کاملاً مسطح و ضخامتی حدود ۴٫۵ میلیمتر داشتند. این صفحات با پارچه در تماس مستقیم نبودند: تخته‌های مسطحی از چوب توسکا (که به گرما واکنش ندارد)، یا مقوا بین این صفحات و پارچه حائل می‌شدند (شکل ۳۱).

در حدود ربع نخست سدهٔ هجدهم بود که پرس گرم پارچه در فرانسه و آلمان مرحله‌ای قانونی

1. Heytesbury

۲. Sedan شهری در شمال شرقی فرانسه در ساحل رود موز نزدیک مرز بلژیک.



شکل ۳۱.پرس پارچه با کورهٔ گرم‌سازی صفحات چدنی.

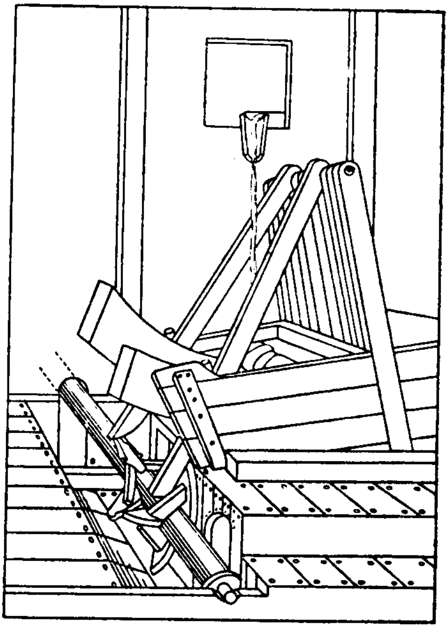
از عملیات تکمیل شناخته‌شد و محققاً مدتی پیش از آن نیز در انگلستان و هلند.

غلتکزنی پارچه: غلتکزنی یکی از مراحل عمدهٔ تکمیل پارچه است. این کار در محیطی مرطوب و ولرم و در مجاورت برخی مواد انجام می‌گیرد. نخهای پارچه در چنین محیطی به‌یکدیگر «جوش می‌خورند» که به موجب آن بخشی از الیاف پشمی از نخ جدا می‌شود و بدین‌ترتیب پارچه قوام و استحکام می‌گیرد، گرچه از ابعاد آن کمی کاسته می‌شود.

تا سدهٔ یازدهم این کار فقط با پا و در تشت انجام می‌گرفت، نخستین دستگاه غلتکزنی، که نخستین نمونهٔ کاربرد نیروی طبیعی در صنعت بافندگی نیز هست، نزدیک گرنوبل به‌کار افتاد و بسرعت در سراسر اروپا رواج یافت. نمونه‌های آن را می‌توان در «موزهٔ تکنیک» بندر یوتبوری[1] و نیز در «موزهٔ فضای باز» استکهلم دید. در این وسیلهٔ ابتدایی، تیرهای کوتاه چوبی که به‌طور عمودی حرکت دارند، به توسط بادامکهایی نگاه داشته شده‌اند. این تیرها زمانی که پایین می‌افتند طاقه‌های پارچه را در تشتی که کف آن با ریگهای گرد یا هسته‌هایی مفروش شده است، می‌کوبد. وجود ریگها یا هسته‌ها برای نرم کردن ضربه‌ای است که به پارچه وارد می‌آید. عمل این وسیله بسیار خشن است و تنها مناسب پارچه‌های زبر خانه‌ساز است که در دیرها می‌پوشند و پارچه‌های زبر دیگری که غلتکزنی آن بسیار دشوار است. در سدهٔ هفدهم پارچه‌های ظریف را هنوز لگدکوبی می‌کردند.

در سدهٔ شانزدهم دستگاههای کوبشی چکشی تقریباً در همهٔ اروپا به‌چشم می‌خورد. یک

1. Göteborg



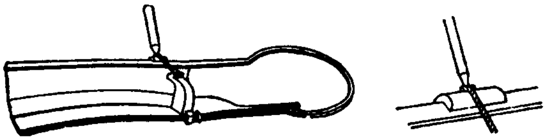
شکل ۳۲.غلتک نمدمالی (زونکا).

کنده‌کاری از این وسیله در آثار زونکا وجود دارد. این دستگاه کمتر خشن، و رخ چکشهای آن بدقت ساخته شده بود که در نتیجه پارچه‌ای که در تشت بود نه‌تنها در زیر ضربه قرار می‌گرفت.بلکه بتدریج لوله و حرکت داده می‌شد تا اینکه تأثیر این عمل یکنواخت باشد (۳۲).

این دستگاههای کوبشی چکشی در حدود سال ۱۸۵۰ تقریباً در همهٔ کارخانه‌های پتو و پارچه‌بافی از پشم جای خود را به پارچه‌کوبی استوانه‌ای داد، اما از دستگاههای چکشی هنوز هم برای کوبیدن قطعات کوچک از قبیل تریکوها، کلاههای بره و بعضی قطعات نمدی استفاده می‌شود.

کرک چینی پتو: از زمان باستان کرک چینی پتوها رسم بود و با دست انجام می‌گرفت. نخستین اصلاحی که در این کار وارد شد استفاده از چیزی شبیه تخماق بود. این وسیله، که اصل آن انگلیسی بود شبیه چکش واژگونی بود که در سر آن شیاری دیده می‌شد، که پشت تیغهٔ پایینی قیچی در آن فرو می‌رفت و روی تیغهٔ بالایی قیچی به توسط یک تسمه، نیروی کششی اعمال می‌کرد؛ بدین‌ترتیب بستن قیچی، که به مجرد توقف کشش، خودبه‌خود باز می‌شد، آسان بود. قیچی همچون یک فنر عمل می‌کرد (شکل ۳۳ و ۳۴).

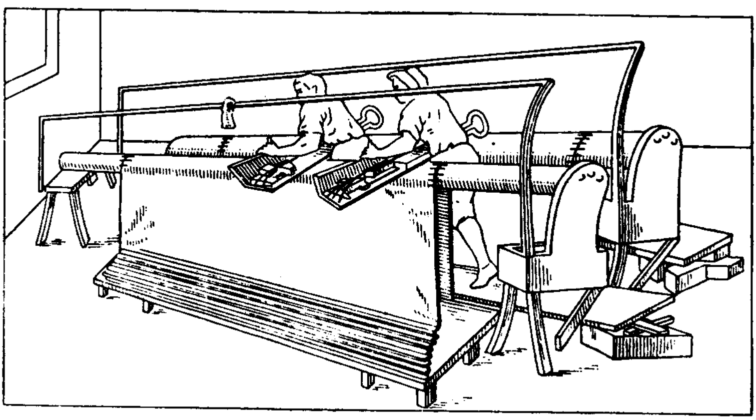
پیدایش این قیچی در بعضی جاها مخالفت کرک‌چینان فرانسه و هلند را برانگیخت. در مراکزی



شکل ۳۳.قیچی کرک چینی (Encyclopédie methodique).

(لیدان، سدان) این مخالفتها تا یک سده دوام یافت. نخستین عکس‌العمل آشوبهای ناشی از این نوآوری مربوط به سال ۱۶۸۰ و لیدن است؛ در سراسر نخستین نیمهٔ سدهٔ هجدهم نیز به این مخالفتها برمی‌خوریم. در حدود سال ۱۶۷۰ بود که این صنوف به‌کاربرد آن، اغلب در مراکز بافندگی سر خم کردند. تخماق فوق حرکت قیچی را بسیار آسانتر می‌ساخت و شاگردان زیادتری را برای این کار جلب می‌کرد. شاگردان جوان در زمانی‌که این تخماق اختراع نشده بود، درحالی‌که یوغ دو صنف را به گردن داشتند و ناچار بودند که قیچی را در دست داشته باشند، پس از چند ساعت یا حداکثر چند روزکار از حال می‌رفتند.

یک گزارش پزشکی مشروح از طبیبی در دست است که ازکرک چینی با قیچی ساده حکایت می‌کند، در این گزارش پیامدهای این کار بر روی ماهیچه‌ها و رباطها و مچ دست بررسی شده



شکل ۳۴.کارگران کرک‌چین (کارگاه Horni Litvinov).

است. مدرک دیگری شرح می‌دهد که دستهای کارگران کرکچین در پایان هفته خونین است، اما کارگران به‌کار خود ادامه می‌دادند، گرچه آنها می‌دانستند که در جاهای دیگر این کار به کمک وسیله جدیدتری انجام می‌گیرد. این سرسختی در کار بدین علت بود که سهولت شاگردیابی برای کار با تخماق، تأثیر زیانباری برای کرک چینان خرده‌پا و سود فراوانی برای صنف کرک‌چینان دربرداشت.

این قیچی تخماقی افزایش سرعت کرک‌چینی را هم ممکن می‌ساخت. بدون این وسیله، کرک‌چینی با قیچی نمی‌توانست رواج خود را تا نیمهٔ سدهٔ نوزدهم، یعنی پنجاه سال پس از پیدایش نخستین ماشین کرک‌چینی حفظ کند.

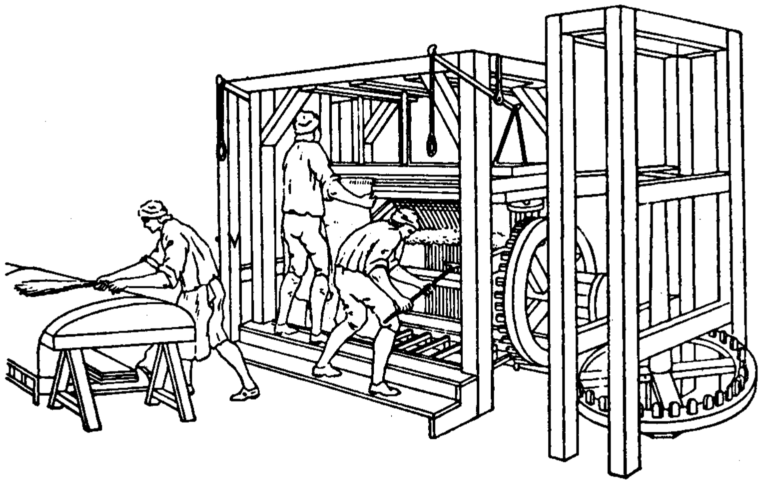
پرزدادن پارچه: در سراسر دوران پیش از سال ۱۷۸۹ رواج پارچه‌های پشمی پرزدار بدون وقفه گسترش می‌یافت. علاوه‌بر آنها، پشت پارچه‌های معمولی سیاه را هم پرزدار می‌ساختند.

عمل پرز دادن توپ پارچه با بیرون کشیدن پرز پارچه با روش خارزنی انجام می‌گرفت. توپ پارچه را روی میز می‌گستردند. برای اینکه انبوه پرزها به‌یکدیگر بچسبند وسیله‌ای را که به آن سفال گفته می‌شد یک بار، تا آنجا که دسترس کارگر بود بر رویهٔ پارچه می‌کشیدند. این «سفال» صفحه‌ای از ماسه‌سنگ یا تخته‌ای چوبی بود که سطح زیر آن با شنهای درشت پوشیده شده باشد. سطح زیرین را چسبی از: سفیدهٔ تخم‌مرغ، عسل یا یک محلول ژلاتینی می‌زدند. عمل کشیدن روی پارچه بدین‌ترتیب انجام می‌گرفت که با حرکات دایره‌ای کوچکی، سفال را از یک حاشیه پارچه تا حاشیه دیگر جابه‌جا می‌کردند. این کار یکنواخت مستلزم مهارت و بویژه دقتی بود که می‌بایست در تمام مدت پایان‌ناپذیر روز کار آن دوران رعایت می‌شد.

متصدیان امر برای جلوگیری از ناهمواریها، بسیار زود در اندیشه مکانیکی ساختن کار شدند. اندیشهٔ جسورانه‌ای بود، زیرا در آن وقت هنوز ماشینی در اطراف و یا حتی در مکانهای دور از آنها وجود نداشت که بتواند توقع آنها را برآورد. برای اینکه پارچه پرزدار شود، باید ماشین موردنظر دو عمل را همزمان انجام می‌داد: نخست پیش‌بری پارچه کاملاً کشیده شده در زیر صفحهٔ لرزان، سپس لرزاندن کمی دایره‌ای این صفحه تا این که همان اثر اصطکاک سفال دست کارگر ایجاد شود. برای اینکه مادهٔ چسبنده گسترده شود هیچ‌گونه وسیلهٔ خودکاری پیش‌بینی نشده بود (شکل ۳۵).

نخستین ماشین پرزدهی در ۱۶۷۸ در شهر تروا، که آن زمان مرکز مهم ماهوت بافی بود دیده می‌شود؛ این دستگاه را شخصی با نام ف. ژ. پوژه که فردی از یک خانوادهٔ قدیمی خیاط و ماهوتکار تولوز بود به تروا آورده بود. این ماشین بسرعت در همه شهرهای ماهوتکار فرانسه متداول شد.

پرزدهی مانند خارزنی می‌بایست با یک حرکت، سطح زیادی از پارچه را بپیماید. وانگهی



شکل ۳۵.دستگاه پرز دهی پارچه (آکادمی علوم Description des Arts et Métiers).

همزمانی پیش‌بری پارچه با لرزش تخته پرز دهنده سبب می‌شد که در سراسر پارچه پرزدهی یکنواخت باشد.

برای پرز دادن پارچه دو کارگر لازم بود و تأثیر این کار که اصولاً کیفی است بسیار چشمگیر؛ به‌همین دلیل پرزدهی به‌هیچ‌وجه کارگران و یا اشخاصی را که با هر نوع نوآوری مقابله می‌کردند به‌مخالفت برنیانگیخت و حال آنکه در مورد عملیات دیگر تکمیل ماهوت هیجانات مخالفت‌آمیز کم نبود.

نخستین کار پرزدهی در تروا و با دست انجام می‌گرفت، اما بزودی این کار با چرخ هیدرولیکی یا اسبگرد (مانژ) عملی شد. چون بایگانیهای مربوط به‌مراکز ماهوتبافی بسیار پیشرفتهٔ انگلستان یا هلند در آن دوران فقط از روش پرزدهی دستی با سفال خبر می‌دهند می‌توان احتمال داد که این ماشین در تولوز فرانسه ساخته شده باشد.

ماشین پرزدهی در آن زمان دستگاه جالبی بود، هم به‌علت همزمانی دو حرکت آن، و هم این واقعیت که حرکت افقی مدور آنکه بوسیلهٔ قسمت محرکهٔ اصلی در شعاع بسیار کوچکی انجام می‌گرفت، با یک محور عمودی خارج از مرکز تنظیم می‌شد.

عمل آوردن پارچه: پارچه‌های اتامین[1] (پارچه با تاروپود پشمی یا مخلوط پشم و ابریشم) و سرژه‌ها پشمی (سه‌یت)[2] پارچه‌های سبکی از نخهای پشمی شانه‌خورده و دارای بافت ساده بودند. واژه

1. etamine 2. sayelte

اتامین ریشه لاتینی stamen به‌معنی: نخ تار (در مقابل نخ پود) است. تولید مانوفاکتوری این نوع پارچه از قرون وسطی در لیدن، بروکسل، هوندشوته، لیل، لومن[1] آغاز گردید. این دو نوع پارچه برای لباسهای زنانه و رداهای کشیشان به‌کار می‌رفتند و به‌هر گوشهٔ نیمکره ـ خاور نزدیک، ایتالیا، اسپانیا، امریکا صادر می‌شدند.

مراحل اساسی تولید سرژه‌های پشمی، رنگرزی و عمل آوردن آن بود. عمل آوردن یکی از کارهای بسیار حساس مرحلهٔ تکمیل پارچه‌های سبک پشمی شانه‌خورده در سده‌های شانزدهم و هفدهم بود. این کار که طبع فیزیکی و شیمیایی دارد در کارخانه‌های جدید عیناً تحت نامهای غلتکزنی در آب جوش یا تثبیت در آب جوش انجام می‌گیرد. منظور از این کار بهتر ساختن نمای پارچه‌های پشمی و ثبوت ابعاد یا شور نرفتن پارچه است.

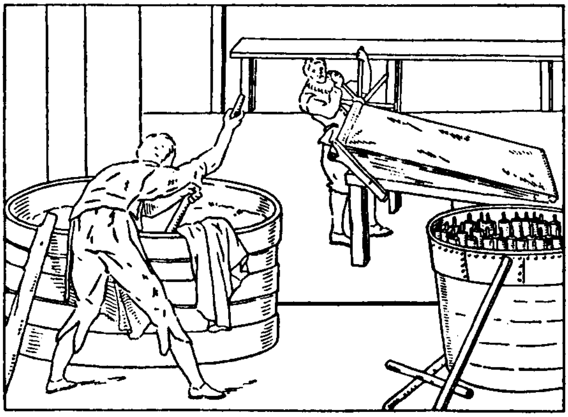
برای جلوگیری از ایجاد هر نوع چروک در پارچه، توپهای پارچهٔ تکمیل نشده را کشیده و دور نوردهایی می‌پیچاندند. بعداً آنها را در حالت ایستاده در دیگهایی می‌گذاشتند و لااقل یک ساعت می‌جوشاندند. سپس توپها را بیرون آورده در جایی ایستاده می‌گذاشتند تا آب آنها قطره‌قطره خارج و پارچه‌ها خنک شوند، آن‌گاه پارچه‌ها را روی نوردهای دیگر در جهت عکس نورد نخستین می‌پیچاندند.

طرحی از وان وین (لیدن ۱۶۰۲) کارگاهی را نمایش می‌دهد که در آن عمل آوردن پارچه انجام می‌گیرد، و این قدیمیترین مدرکی است که از این عمل در اختیار ماست. کمی پس از این دوران، تغییری در این کار پدید آمد که در کار صرفه‌جویی شده بود. برای اینکه کشیدگی پارچه به‌هنگام پیچش آن به دور نورد تأمین باشد، نخست کارگری مأمور کشیدن آن می‌شد. این وظیفه از ابتدای سدهٔ هفدهم به عهده نوعی ترمزهای طنابی گذارده شد که بوسیله سنگهایی، پارچه را تا اندازهٔ لازم کشیده نگاه می‌داشت (شکل ۳۶).

تنها پس از جنگ جهانی دوم جهانی بود که بر اثر پژوهشهایی که روی ساختار الیاف پشم انجام گرفت، توضیح علمی آثاری که آب جوش بر پارچه می‌گذارد میسر شد.

تحت‌تأثیر دوگانهٔ رطوبت و دمای بالا (۱۰۰ درجه) تنشهای درونی الیاف از میان می‌رود. در درون مولکولهای کراتین، زنجیرهای پلی‌پپتید از یکدیگر باز می‌شوند و بعد باز به‌یکدیگر می‌پیوندند، اما این بار در اثر فشار پیچش روی نورد؛ بنابراین پارچه شورنرو و دارای ابعاد ثابت می‌شود و هر نوع چروک از میان می‌رود. تا زمانی که پارچه از نو متحمل چنین دستکاری نشود از چروک شدن و تا برداشتن در امان است.

۱. Le Mans شهری در ولایت سارت فرانسه، در کنار رودخانه سارت.



شکل ۳۶.کارگاه عمل آوردن پارچه (وان وین سال ۱۶۰۲، بایگانی شهر لیدن).

صافی و بدون چروک شدن پارچه در اثر جوشیدن آن، سبب می‌شود که در دستگاه پرداخت سرژه، پارچه دارای جلا شود. این ماشین که نخستین بار در سال ۱۶۳۱ از آن نام برده‌اند (بروکسل و هوندشوته) نوعی غلتک معمولی دارای حرکات متناوب است که ساختمان دقیقتری دارد و یا احتمالاً نوعی دستگاه پرداخت پارچه با استوانه‌های گردان می‌باشد.

کارگاه ورون: ترکیب ردیفی از اختراعات بالا در سدهٔ هفدهم و اوایل سدهٔ هجدهم شهرت و رونق کارگاه گیوم ورون[1] را در شهر لو من سبب شد. این کارگاه در پرتو آوازهٔ مرافعاتی که آقای ورون با صنوف مختلف داشت، شهرت زیادی به‌هم رسانید. این مرافعات نتیجهٔ رشک و حسد رقبای او بود.

این کارگاه شامل یک آسیای پاک‌کننده مشابه غلتک نمدمالی بود؛ یک آسیای چربی‌زدایی که بر همان اساس بود، جز اینکه سرچکشهای آن به تخته‌های لباسشویی ختم می‌شد. در این کارگاه پارچه‌های اتامین را هم جلا می‌دادند و این کار گویا به توسط همان غلتکهای جلادهنده سرژه‌های پشمی (سه‌یت) انجام می‌گرفت.

دستگاه دولاتابی ابریشم

پیلهٔ کرم‌ابریشم تولید تار پیوسته‌ای می‌کند که به‌علت ظرافت زیاد نمی‌توان آن را به تنهایی به‌کار برد. تعدادی از این تارها را به مجرد بازکردن از پیله به یکدیگر می‌تابند و آن را «ابریشم خام» می‌نامند.

1. G. Veron

حال می‌بایست تارهای ابریشم خام را با یکدیگر تابید. این کار که با دوکی در زیر کف دست و یا حتی چرخ نخریسی انجام می‌گرفت، به راستی از شأن کاردستی پایینتر بود. همچنین از همان سدهٔ چهاردهم درپی یافتن یک راه‌حل مکانیکی بودند که همزمان چندین دوک را به‌کار اندازند و تعداد زیادی از آنها تحت مراقبت یک کارگر باشند.

ساختمان یک دستگاه دولاتابی ابریشم به قرار زیر است. بدنه، استوانه‌ای مشبک با طول و ارتفاع پنج‌متر بود که محوری عمودی داشت. بالو[1] می‌نویسد: «خارها به تعداد حدود ۳۳۶ در چند ردیف مدور قرار دارند. مکانیسمی بسیار ابتدایی آنها را حرکت می‌دهد. درون این استوانه، مقابل هر ردیف مدور خارها خمهایی از نمد، که به‌محور مرکزی مرتبط هستند، دیده می‌شود تا حرکت گردنده‌ای به آنها اعمال شود. نمدها با اصطکاک با خارها به آنها حرکتی گردشی القاء می‌کنند که سرعتی معادل ۶۰۰ تا ۸۰۰ دور در دقیقه دارند». استطاله محورهای عمودی در طبقهٔ دوم یک ردیف قرقره را می‌گردانند.

مونتنی[2] در ماه ژوئن سال ۱۵۸۱ در فلورانس کارکردن این دستگاه را به‌چشم دیده است و می‌نویسد که یک کارگر مراقب ۵۰۰ عدد دوک است، که گویا غلوّ کرده است.

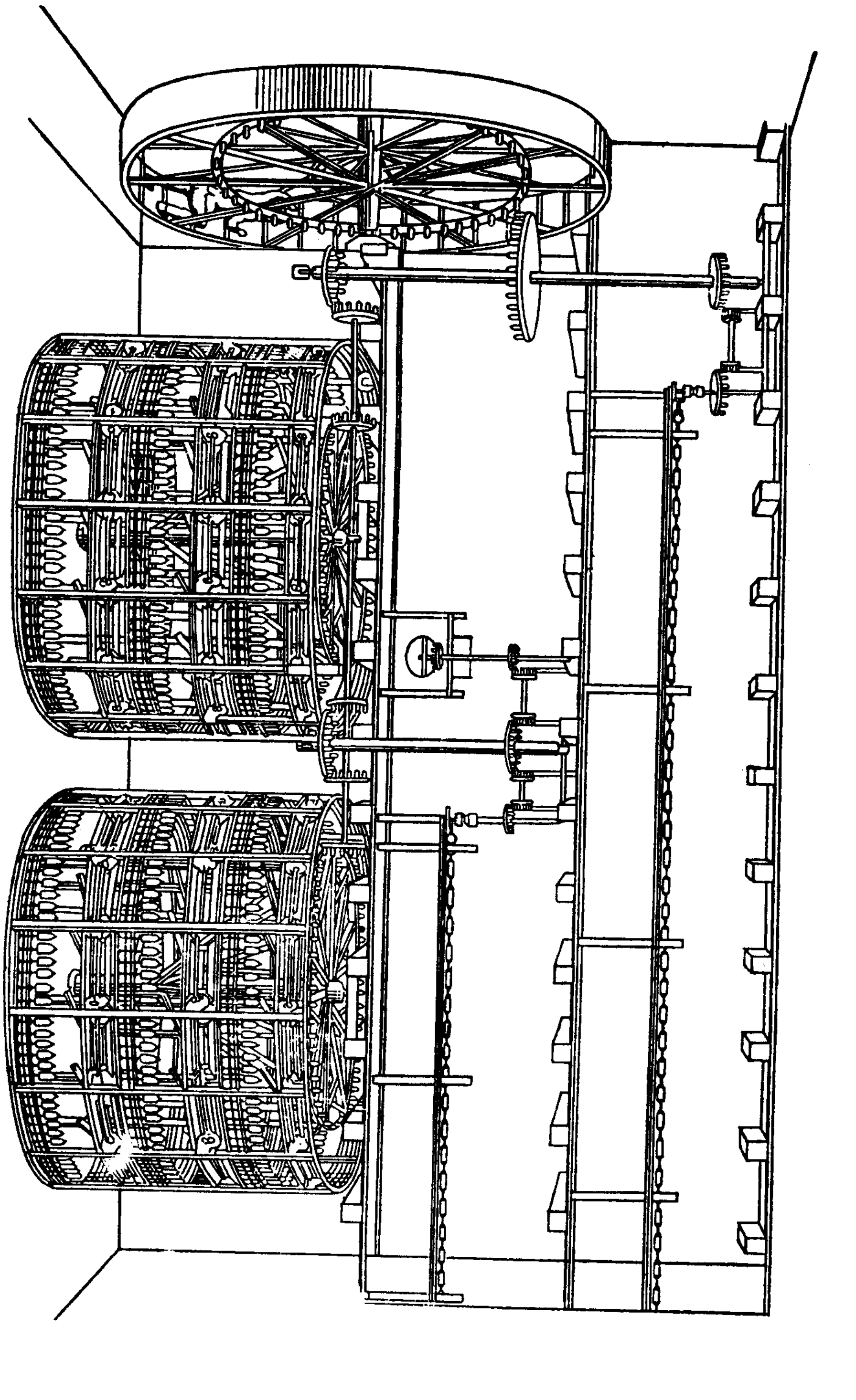
زونکا در سال ۱۶۰۷ از چنین دستگاهی تصویری رسم کرده که بسیار تقریبی است. طرحی هم در لیدن از آن دستگاه از همان دوران برجای مانده است که بسیار دقیقتر می‌نماید. با توجه به مبداء این طرح می‌توان گفت که این ماشینها بسیار پیشتر از آنکه در ۱۷۱۷ به انگلیس آورده شوند، در هلند رواج داشته‌اند (شکلهای ۳۷ و ۳۸).

در مؤسسه برادران لمب[3] واقع در شعر داربی[4] در حدود سال ۱۷۱۷ دستگاه دولاتابی ابریشم کار می‌کرده است، و این نخستین مانوفاکتوری است که در انگلستان ایجاد شد و عملیات آن بعدها علاوه‌بر ابریشم رشته‌های دیگری را هم زیر پوشش قرار داد. این کارگاه چند طبقه بود و نیرو از طریق محور عمودی به‌مقدار زیادی دوک انتقال می‌یافت. در آن زمان این بهترین روش توزیع نیرو از چرخهای هیدرولیک بود. هر بشکه سه ردیف و ۹۶ فتیله داشت. این آرایش بعدها الهامبخش همهٔ مخترعان ماشینهای ریسندگی در سدهٔ هجدهم شد. یک قفس دولاتابی در موزهٔ فنی وینترتور[5] از لمباردی نگاهداری می‌شود. اما با وجود این ماشین، می‌توان گفت که هنوز از مکانیزاسیون واقعی ریسندگی فاصله داشتند و این پیروزی زمانی به‌دست آمد که توانستند به الیاف

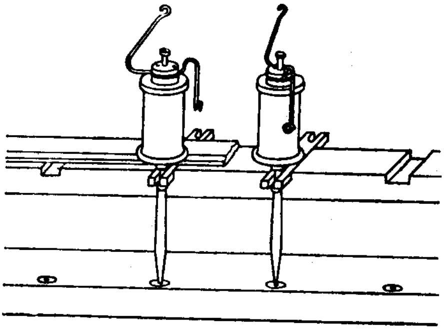
1. ballot 2. Montaigne 3. Lomb

۴. Derby شهری در انگلستان مرکز ولایت داربی، کنار رود درونت.

5. Winterthur



شکل ۳۷. تجهیزات یک کارگاه دولابی ابریشم (نقاشی I.V.Verven از شروع سدهٔ شانزدهم، بایگانی شهر لیدن).



شکل ۳۸.جزئیات دوکهای دستگاه دولاتابی (Encyclopedie).

دارای طول معیّن فرمان و جهت بدهند و رشتهٔ به‌دست آمده را بکشند تا قطر آن کاهش و طولش افزایش یابد، سپس این فتیله را با تاب دادن تثبیت کنند.

کشبافی و کشبافی دستی

ریشه‌های کشبافی: ریشه‌های کشبافی (تریکوتاژ) بسیار مبهم است. روشن نیست که در چه دورانی و در چه تمدنی و کدام کارگر، نخستین اندیشهٔ پر نبوغ تولید ساده پارچه‌ای را که بر پایه تقاطع تار و پودها نباشد، بلکه بوسیله تنها یک رشته انجام گیرد به‌پیش کشیده؛ ایجاد رج‌به‌رج گره‌های پشت‌سر هم برای اینکه گره‌های تازه‌ای زده شود تا اینکه شبکه به طول دلخواه برسد.

حرفهٔ پارچه‌بافی بی‌شبهه در مصر کهن پدید آمده است و بسیار قدیمیتر از اختراع کشبافی است. عقیده بر این است که کشبافی ریشه در کاربرد چارچوب ساده و اصیلی دارد که اساس تجهیزات هر بافنده است. مدل ساده شده‌ای از این چارچوب را می‌توان با ترکه‌هایی که اطراف آنها نخ پیچیده می‌شود تا اینکه آن همه گره ایجاد شود تصورکرد. نخستین رج که به‌دست آمد هر حلقه با قلاب برگزیده می‌شود تا رج دوم را به‌وجود آورند و همین‌طور ادامه می‌دهند؛ بدین‌ترتیب نوعی شبکهٔ لوله‌ای ایجاد می‌شود شبیه آنچه که در آغاز سدهٔ نوزدهم روی حلقه‌ها انجام می‌گرفت. این تکنیک گویا از همان سدهٔ نخست میلادی به توسط یک فرقهٔ مسیحی که گفته شده است آن را بنوبهٔ خود از قبیله‌ای در صحرای مصر فرا گرفته بودند، عمل می‌شد. شبکلاههای مردم شمال آفریقا، که گفته می‌شود در چارچوب بافته می‌شود، برهمین اساس است.

جیمز نوربوری[1] که ما این فرضیه جالب و اصیل را مدیون او هستیم برای پی‌بردن به نحوهٔ

1. J. Norbury

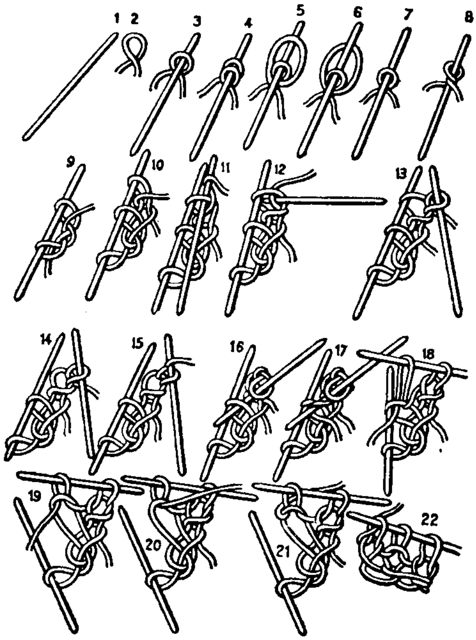
انتقال از چارچوب به‌میله بافندگی کوشیده است. او عقیده دارد: کسانی اندیشیده‌اند که به‌جای چارچوب سیخدار از قطعهٔ چوبی استفاده کنند و برای ایجاد نخستین رج، نخ را روی آن بپیچند سپس هر حلقه را با یک قلاب تکرار کنند. این روش تا آغاز همین سدهٔ بیستم بوسیلهٔ بسیاری از کشبافان در روستاهای اروپای مرکزی به‌کار گرفته می‌شد. قطعه چوب پس از زمان بسیار کوتاهی با سوزنی تعویض شد که دسته‌ای چوبی داشت و غالباً به‌طور جالبی زینت شده بود. زمانی که این دسته از میان رفت دو سوزن، و چنانچه پارچه بی‌درز مورد نظر بود سه یا چهار سوزن به‌کار می‌بردند، که اکنون نیز چنین است.

این توضیح (که عدهٔ کمی پشتیبان آن هستند) همه مراحلی را که کشبافی با دست بر اساس چارچوب (مربعی، مستطیلی، یا دایره‌ای) که از دار بافندگی الهام گرفته شده بود، گذارنیده، بخوبی در نظر گرفته است. دستهٔ این سوزنهای ابتدایی که در بعضی موزه‌ها نگاهداری می‌شوند، پشتوانهٔ نیرومندی برای استدلال نوربوری هستند.

فرضیه‌های بسیار خیال‌پرورانه‌ای هم درباره فن کشبافی در دوران بسیار کهن رواج دارد. برپایهٔ یکی از آنها، این فن از زمان هومر و لباس مشهور پنلوپ، که حلقه‌حلقه و شکافتن و بافتن مجدد آن بسیار آسان بوده است، شناخته شده بود. و باز فرضیه‌ای پیشنهاد شده است که اظهار می‌دارد که لباسهای بغبانوهای مصری ایزیس و هاتور که روی بارلیف مصری نقش شده‌اند، بقدری تنگ هستند که مانع راه‌رفتن این بغبانوهاست مگر اینکه از پارچه بسیار انعطاف‌پذیری باشند. براین اساس گفته شده است که لباسهای آنها، لااقل در قسمت پهلو، کشباف است و با کش آمدن پارچه، حرکت را کمی ـ به‌اندازهٔ یک گام ـ ممکن می‌سازد. باید گفت که در این نظریه کمی بی‌احتیاطی شده است زیرا در نقشهای متعددی که از زمان باستان به‌یادگار مانده است چیزی که گواه بر وجود کشبافی در یونان و مصر باشد به‌چشم نمی‌خورد. مصریان دوران فراعنه که در به‌تصویر کشیدن انواع کارهایی که انجام می‌شد علاقه‌ای شدید داشتند، هیچ کسی را درحال کشبافی، نه با چارچوب و نه با سوزن تصویر نکرده‌اند. نوعی کفش بافتنی که آقای شانپولیون[1] آن را یافته و به موزه لوور تسلیم کرده است، احتمالاً از دوران قبطیان قدیمیتر نیست؛ همین امر در مورد کفش بافتنی که در یک گورستان مسیحی متعلق به سدهٔ سوم میلادی یافت شده است و در موزهٔ ویکتوریا و آلبرت در لندن نگاهداری می‌شود، صادق است.

کهنترین پارچه‌های کشباف: مدرک اخیر اهمیت بسیار دارد. این کفش که پهلوهای آن بافت «یک‌به‌یک» دارد (یعنی با روش یک حلقه در رویهٔ کفش و حلقه بعد در پشت آن)، وجود کشباف

1. Chanpollion



شکل ۳۹.مراحل کشبافی با دست (آلبوم هیندره).

دستی را در سده‌های اولیه مسیحیت ثابت می‌کند، بدون اینکه از رواج کم یا زیاد آن چیزی بگوید. ندرت نمونه‌های شناخته شده شاید به‌علت سستی مصالح آنها باشد.

عده‌ای می‌پندارند که کشبافی در خاور نزدیک همیشه وجود داشته است و در آستانهٔ جنگهای صلیبی در غرب (روم) رواج یافته است. در موزهٔ متروپولتین واقع در نیویورک و انستیتوی هنرها واقع در دترویت جورابها و کفشهای بافتنی ساقه بلندی نگاهداری می‌شود که در دورنگ و با بافت زیر پیراهنی است. برپایهٔ اطلاعاتی که مسئولان این دو موزه در اختیار گذاشته‌اند، این پارچه‌ها احتمالاً متعلق به سده‌های یازدهم و دوازدهم می‌باشند و از مشرق‌زمین آمده‌اند.

درگنج سن سرنین از راهبان باسیلی[۱] در تولوز یک جفت دستکش پشمی اسقفی وجود دارد که بافت زیر پیراهنی دارد، بافتی که در دوران ما هم وجود دارد. گرچه این قطعه تحت نام «جفت دستکش رمی قدیس» شناخته می‌شود اما از سدهٔ سیزدهم بالاتر نمی‌رود.

مدرک معتبری وجود دارد که ثابت می‌کند در آلمان از شروع سدهٔ پانزدهم هنرکشبافی وجود

۱. basilian monks مربوط به کلیسای شرقی که پیرو آیین قدیس باسیلیوس کبیر ۳۳۰ ـ ۳۷۹ میلادی می‌باشند.

داشته است. دربارهٔ نقش زینتی محرابی صحبت می‌کنیم که حضرت مریم را که در حال کشبافی با چهار سوزن نشان می‌دهد که برای کودک خود (حضرت عیسی) پیراهنی می‌بافد (محراب بوکستهوده[1] واقع درکونستهاله[2] در هامبورک).

قطعات کشبافت مربوط به سدهٔ پانزدهم در موزه‌ها کمی بیشتر یافت می‌شود و اگر زیاد نیست به‌علت سست بودن نخهای آن است. در موزهٔ کلونی و نیز موزهٔ هنرهای تزیینی پاریس دستکشهای بسیار ممتازی از پشم ارغوانی رنگی نگاهداری می‌شوند که مانند دستکش موجود در تولوز، بافت زیرپیراهنی دارد، اما با زمینه‌هایی که با نخهای طلایی بافته شده، نوعی زردوزی در بافت ایجاد شده است. باز باید گفت که دستکشی که در موزهٔ سلطنتی هنر و تاریخ بروکسل است از این هم غنیتر است. این دستکش از ابریشم قرمز با گلهایی از طلا، نقره و ابریشم سبز است. این دستکش ساخت ایتالیا و متعلق به‌پایان سدهٔ پانزدهم است. همهٔ این دستکشها متعلق به رؤسای کلیساست. چون خطبه خواندن مستلزم این است که دستکش اجراکنندهٔ آن بدون درز باشد؛ بنابراین باید دستکشها کشبافت باشند.

نخستین مدرک کشبافی در انگلیس: ما فاقد هرگونه اطلاعی دربارهٔ کشبافی در فرانسه قرون وسطی هستیم؛ اما دربارهٔ تاریخ این صنعت در انگلستان که گویا در سده‌های پانزدهم و شانزدهم دارای صنوف و پیشه‌وران نیرومندتر و سازمان یافته‌تری در این رشته بودند، اطلاعات ما بسیار بیشتر است. برای اینکه کشبافان دارای سازمان بی‌نقصی باشند، همه‌کار شده بود. دورهٔ آموزشی شاگردان سه سال بود که پس از آن شاگرد که همرتبهٔ استاد شده بود، می‌بایست باز هم سه سال در خارج برای فراگیری روشهای کشبافی در آن مناطق بگذراند؛ بدین‌ترتیب برای اینکه کسی به مقام استادکار نائل شود می‌بایست شش سال کارآموزی کند و طی این مدت می‌بایست کارهای زیر را اجرا کرده باشد:

۱، یک «قالیچه» با ابعاد هشت در دوازده پا؛

۲، یک پیراهن پشمی؛

۳، یک کلاه بره؛

۴، یک جفت جوراب پشمی.

قالیچه در واقع نوعی بافته بود که می‌بایست دارای طرح بسیار پیچیده و پر از شاخ و برگ، پرنده وگل با رنگهای گوناگون شاد باشد. بافته‌هایی که در آنها ۲۰ یا ۳۰ رنگ به‌کار رفته کم نیستند. بافت این قطعه نباید بیشتر از سه‌ماه وقت گرفته باشد.

1. Buxtehude 2. Kunsthalle

در دوران تودورها مد بره به‌کشبافی پیشرفت زیادی داد. این کلاه که تولید آن شبیه تولید بره کنونی اهالی باسک است، مورد توجه همهٔ طبقات جامعه بود. این کلاه را بسیار پیچیده، چین و شکندار می‌بافتند. بره‌های ساده مخصوص کارآموزان بود زیرا آنها با این کلاه شناخته می‌شدند.

ما در آینده خواهیم دید که چگونه کشبافی در دوران سلطنت الیزابت اول به‌طور طبیعی به اختراع نخستین دستگاه کشباف انجامید؛ اما هم‌اکنون تذکر می‌دهیم که این اختراع، به کشباف دستی که در آن هنگام به تکامل بی‌سابقه‌ای حتی در بافت بسیار دشوار جوراب ـ چه پشمی و چه با نخهای ضخیم ـ نائل شده بود، ضربهٔ مرگباری وارد نساخت. می‌توان از جفت جوراب بسیار جالب یک سوارنظام نام برد، جورابی که در موزه ویکتوریا و آلبرت لندن نگاهداری می‌شود.

کشبافی با دست در دره‌های یورکشایر در سدهٔ هفدهم و نیمهٔ نخست سدهٔ هجدهم حرفهٔ پررونقی بود. بازرگانانی که این کالا را در بازار کندل[1] می‌فروختند آن را از تولیدکنندگان می‌خریدند. اما چندی نپایید که کشبافی با دست در برابر رقابت با ماشین عقب نشست و از این‌پس کشبافهای دستی در انگلستان گروههای کوچکی بودند که به درآمدهای کم قناعت می‌ورزیدند.

مطالبی که دربارهٔ تاریخچهٔ کشبافی در انگلستان آمده است، از کتاب جیمز نوربوری اخذ شده است.

پیدایش و پیشرفت کشبافی در فرانسه: در فرانسه در سال ۱۵۰۵ بود که آیین‌نامه‌های برادری کشبافان، به‌معنای دقیق کلمه انتشار یافت، و بعدها در عصر مکانیک، شهر تروا در فرانسه مرکز کشبافی جهان شد.

در آغاز سدهٔ شانزدهم نخستین گروه کشباف تروا، بی‌شبهه منسوجات کشباف را که همگی پشمی (ژ. ریکومار)[2] بودند تهیه کردند، اما جوراب در میان آنها نبود؛ در این زمان مانند قرون وسطی جوراب را با برش و دوخت پارچه تهیه می‌کردند؛ روشی که از دیرباز معمول بوده است. در موزهٔ بارگوان[3] واقع در شهر کلرمون ـ فران فرانسه چنین جورابی وجود دارد که در گوری متعلق به سلسلهٔ مروونژین یافت شده است. در سدهٔ شانزدهم، در فرانسه و انگلستان، مقامات بالا جورابهای دوخته شده از پارچه‌های گرانبها به‌پا می‌کردند. اما همان‌طورکه گفته‌ایم، در زمانهای دور سدهٔ دوازدهم، یا حتی یازدهم، عربها جورابهای بافته شده به‌پا می‌کردند؛ در این قسمت باید گفت که شرق بسیار پیش‌افتاده‌تر از اروپای غربی بود.

به‌هرحال، صنعت کشباف در سدهٔ شانزدهم شکوفایی تمام داشت، زیرا در سال ۱۵۵۴ در آیین‌نامهٔ آنها تجدید نظر شد و تکمیل گردید. در اینجا بد نیست، متذکر شویم که در آن زمان جوراب

1. Kendal 2. J. Ricommard 3. Bargoin

بافتنی با دست تولید می‌شد. حدود سال ۱۶۹۸ تعداد و بزرگی کارگاهها، تجدید نظر در آیین‌نامهٔ قدیم را اقتضا می‌کرد و پنج مادهٔ جدید به آن افزوده شد.

مقررات سال ۱۵۰۵ طبعی مذهبی داشت، اما مقررات سالهای ۱۵۵۴ و ۱۶۹۸ برخلاف قبلی مسائل فنی را دربر می‌گرفت، در ضمن میل آشکاری به دفاع از صنف مربوطه در آن دیده می‌شد. مثلاً مادهٔ ۱ آن مشخصات کار نمونه «کسی را که می‌خواهد استادکار کشبافی در این شهر (تروا) و حومهٔ آن شناخته شود»، تعیین می‌کند.

مادهٔ ۵ اشعار می‌دارد که «جز استادکاران این حرفه، کسانی که برای دیگران کار کنند و قطعاتی از قبیل کلاه، جوراب، کفشهای بافتنی و دستکشهای بی‌انگشت، شلوار، گلدوزی و دیگر بافته‌های کالایی چه پشمی، نخی، تابیده یا نتابیده، با میلهای بزرگ یا کوچک و حتی با دارهای بافندگی تولید کنند به جریمه‌هایی برابر سه لیور محکوم می‌شوند».

قید دار بافندگی در مادهٔ ۵، در دورانی که تولید ماشینی کشبافی هنوز در تروا وجود نداشت، گواهی بر تمایل به بازگذاری در به‌روی رواج احتمالی صنعت بافندگی در آینده (همان‌طور که گفته‌ایم در مراکز دیگر کشبافی رواج زیاد داشت) در مرکز ولایت شامپانی است.

کشبافتهای معمولی و کشبافتهای تجملی: جای تأسف بسیار است که از کارهای کشبافی سدهٔ شانزدهم چیزی نمانده است. مطمئناً کالاهای ارزانی بودند و برای عرضه به مشتریان کم‌بضاعت تولید می‌شدند که با فرسوده‌شدن جورابها یا جامه‌های کشبافت آنها را به دور می‌ریختند. ثروتمندان از کشبافتهای معمولی استفاده نمی‌کردند، مگر اینکه از ابریشم تهیه شده باشند. برپایهٔ اعتقاد جمله مؤلفان، گرچه مأخذ آن ناشناخته است، اسپانیاییها در تولید جورابهای ابریشمی دستبافت با کاربرد سوزنهای فلزی بسیار ظریف شهرت جهانی داشتند. در فرانسه، همچنانکه در انگلستان و ایتالیا، از سوزنهای چوبی یا استخوانی استفاده می‌شد و کارهای زمختی تولید می‌کردند. بهای این جورابهای ابریشمی دستی آن چنان بالا بود که تنها فرمانروایان و زمینداران بزرگ می‌توانستند آنها را بخرند.

هنری هشتم پادشاه انگلستان در صندوقخانهٔ خود تنها یک یا دو جفت جوراب ابریشمی داشت. جان استو[1] وقایع نگار در این‌باره می‌گوید: «او تنها جورابهای دوخته شده از پارچه نخی یا ساتن به عرض ۴۵ اینچ به‌پا می‌کرد، مگر اینکه بخت یار او گردد و از اسپانیا یک جفت جوراب بافتنی ابریشمی برای او به سوغات آورده شود». (The annals or Generals Chronicles of England. 1615).

اما ادوارد ششم جانشین هنری‌هشتم، بنابه گفتهٔ نویسندهٔ بالا «دارای یک جفت جوراب ابریشمی بلند اسپانیایی بود که برای او سوغات آورده بودند»، و در حاشیه می‌نویسد «این سوغات

۱. J. Stow ۱۵۲۵ـ۱۶۰۵ مورخ و باستانشناس انگلیس.

سر تامس گرشام[1] بود».

چنین هدیه‌ای بسیار مهم بود و به چشم یک وقایع نگار چنان اهمیتی داشت، که پس از گذشت حدود شصت سال از آن روزگار شایسته دانسته است که در سالنامهٔ خود از آن ذکری به‌میان آورد. همین آقای استو حکایت می‌کند که در دومین سال سلطنت ملکه الیزابت، نخستین خدمتکار دربار او به نام مونتگیو[2] به اربابِ خود یک جفت جوراب سیاه ابریشمی کشبافت هدیه کرد «این جورابها دستبافت خود آن بانو بود و ملکه چنان از آن خوشش آمد که جوراب دیگری به‌پا نمی‌کرد.» گویا از آن به‌بعد بود که خدمتکاران دربار ملکه موظف شدند جورابهای ابریشمی برای او ببافند.

دربارهٔ میزان استحکام این تحفه‌های ظریف کمترین اشاره‌ای در کتابها نشده است اما لااقل یک نمونه از آن جورابها هنوز در کاخ هتفیلد هاوس[3] نگهداری می‌شود.

از این زمان به‌بعد مسأله «بازده کار» بشدت مطرح شد. در آغاز سدهٔ هفدهم، یعنی زمانی‌که بعداً درباره آن صحبت خواهیم کرد، مخترع دار کشبافی دست به‌کار ساختمان نخستین دستگاه خود شد. به‌نظر نمی‌رسد که پیشرفت زیادی داشته است، زیرا گویا جیمز اول[4] که در لحظهٔ رسیدن به تاج‌وتخت انگلستان علاقه داشت دربرابر سفرای دول بیگانه که به او تهنیت می‌گفتند بدرخشد، ناچار شد یک جفت جوراب ابریشمی به‌عاریت بگیرد.

اخیراً به‌مدرکی دست یافتیم که به بهای این کالا در قارهٔ اروپا (جز انگلستان) در آن دوران اشاره‌ای دارد. در سال ۱۶۱۴ در دفتر شورای شهر آوینیون، هزینه‌ای برابر چهارده کرون ثبت شده است که برای خرید یک جفت جوراب ابریشمی میلان «به منشی عالیجناب فرماندهٔ کل» پرداخت شده است؛ که بدون تردید مربوط به جوراب کشبافت دستی است؛ زیرا بعدها خواهیم دید که فقط پنجاه سال بعد از این تاریخ است که دستگاه کشبافی در اروپای غربی رواج یافت. اما این پدیده در آن زمان ظاهراً استثنایی و تنها در خور شاهان نبوده است. اظهار نظر درباره اینکه مزد بافت (و نیز بهای مواد خام) در میلان از اسپانیا کمتر بوده یا زیادتر، ممکن نیست.

چنین می‌نماید که در سدهٔ دوازدهم کشبافی در بعضی نواحی ایتالیا وجود داشته است.

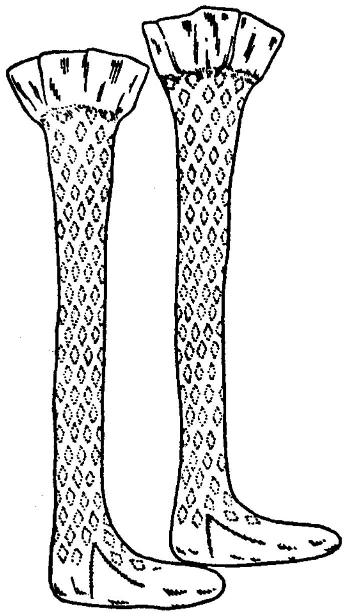
---

۱. T. Gresham ۱۵۱۹ـ۱۵۷۹ انگلیسی متخصص پول، عضو شورای نخست ملکه الیزابت (۱۵۵۸)، کاشف قانون گرشام: پول بد پول خوب را از جریان خارج می‌سازد.

2. Mrs Montague

۳. Hatfield House در هرتفوردشر، استانی در شمال لندن.

۴. Jamesi ۱۵۶۶ـ۱۶۲۵ که در سال ۱۶۰۳ پادشاه انگلستان شد.



شکل ۴۰.جوراب ساقه‌بلند ملکه الیزابت اول، کار دست (هتفیلد هاوس، هرتفوردشر).

بعدها در پایان سدهٔ شانزدهم و اوایل سدهٔ پس از آن، در بازارهای ایتالیا، دوره‌گردهای کشبافنده‌ای پرسه می‌زدند، و کنده‌کاری جالبی که موجود است جزئیات یک نقاشی آنیباله کاراتچی[1] را نشان می‌دهد: مردی با لباس پیشه‌ور و یا دهقان کشبافنده‌ای ایستاده است و با میل جورابی می‌بافد (شکل ۴۱).ظاهراً این جوراب دو رنگ است زیرا کارگر مزبور از دو گلولهٔ نخ که روی تخته‌ای محکم شده است، استفاده می‌کند. این تخته با تسمه‌هایی از شانه کارگر آویزان است (موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن، قسمت کنده‌کاری). این بافندهٔ دوره‌گرد که بدون شک فروشنده هم بود جنس معمولی می‌بافت، لیکن در برخی نواحی ایتالیا، مثلاً ونیز، که شهری ثروتمند بود و جامه‌های گرانبها مشتری زیاد داشت، بافندگان این شهر در سده‌های هفدهم و هجدهم، تونیکهای جالب و چند رنگ ابریشمی دارای مقدار زیادی نخهای طلایی، نقره‌ای تولید می‌کردند (موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، لندن).

در اواسط سدهٔ هجدهم صنف کشبافان دستی وجود داشت، و از سنت طولانی، دقیق و جدی استادکار و شاگرد دفاع می‌کرد، سنتی که بر تجربیات دویست یا سیصدسالهٔ این صنف متکی بود و برای گذر از شاگردی به مقام استادی، آزمایشهایی را لازم دانسته بود. یکی از این

۱. A. Carracci ۱۵۶۰_۱۶۰۹ نقاشی از خانوادهٔ کاراتچی که مکتب التقاطی را پایه گذارد.



شکل ۴۱.یک کشبافندهٔ دوره‌گرد (لندن، موزهٔ ویکتوریا و آلبرت، نقاشی آنیباله کاراتچی).

آزمایشها تهیه «قالیچه»ای است که تاریخ ۱۷۴۰ را با خود دارد و بافت آن به خاطر دریافت دیپلم استادکار کشبافی از صنف کولمار بود (موزه اونترلیندن، کولمار).

پس از اختراع دستگاه کشبافی و زمانی‌که استفادهٔ از آن به مرحلهٔ صنعتی هم رسید، کشبافی با دست بیش از یک سده دوام یافت؛ لیکن تنها دو نوع تولید داشت: از یک سو جامه‌های گرانبها و پرده‌های قشنگ کشبافت، و از سوی دیگر جورابهای ساقهٔ کوتاه با الیاف پشمی و ساقهٔ بلند با پشمهای تابیده. حتی پس از استقرار صنعت کشبافی مکانیکی در فرانسه، آقای کلبر به تشویق تأسیس و ادامه‌کار کارگاههای کشبافی دستی ادامه داد تا اینکه این آب باریکه برای این عده از رنجبران، که با سرعت سرسام‌آوری می‌بافتند و به درآمد کم هم خشنود بودند، نخشکد. بر پایهٔ

نوشته‌های قدیمی حد نصاب هشتاد گره در دقیقه وجود داشته است تنها در حدود پایان سدهٔ هجدهم بود که کشباف دستی، لااقل به‌عنوان یک حرفه متروک شد.

اختراع و رواج دستگاه کشبافی

دو عامل مهم مشوق این اختراع بوده‌اند: اول، لزوم تولید سریع محصول به‌علت تقاضای روزافزون آن؛ دوم، مُد شدن جوربهای بلند ابریشمی که بافت آن با دست بسیار دشوار بود.

تردیدهای مربوط به‌کشبافی دستی، در مرحلهٔ دوم رواج صنعت کشبافی، باز مطرح می‌شوند. لیکن در این مورد با وجود این واقعیت که ریشه‌های اختراع دستگاه جوراب‌بافی، که در زمان خود بسیار پیش افتاده بود هنوز هم تا اندازه‌ای در پردهٔ ابهام است، اما اکنون ما بر زمین محکمتری ایستاده‌ایم و علی‌رغم وجود هاله‌ای از افسانه که سبب می‌شوند جرقهٔ نبوغ در مغز مخترع روشن شود، کاملاً ثابت شده است که مخترع این دستگاه، کشیشی انگلیسی با نام ویلیام لی[1] بوده است که دانشگاه کمبریج را به‌پایان رسانیده و در حدود سالهای ۱۵۸۲ـ۱۵۸۳ به اخذ گواهی استادی در هنر نائل آمده بود. جریان کار او را می‌توان با مقداری احتمال چنین بازسازی کرد:

ما دیده‌ایم که در سدهٔ شانزدهم جورابهای بلند ابریشمی، در زمرهٔ اشیاء لوکسی بودند که در بازار بندرت دیده می‌شدند. در این دوران در انگلستان بافت جورابهای بلند رواج داشت، اما از نوع پشمی و زمخت، که در هر روز هزاران دست به آن مشغول بود. چنانچه بافت جوراب و جامه‌ها بسیار سریع انجام می‌گرفت، بافنده می‌توانست با این کار امرار معاش کند؛ اما برای جورابهای ساقه‌بلند این امر امکان ناپذیر بود زیرا زمان زیادی لازم داشت و مشتری حاضر به پرداخت پول کافی برای آن نبود، زیرا ثروتمندان از پوشیدن آن سرباز می‌زدند و حاضر نبودند که همراه لباسهای فاخر و چشمگیر درباری خود، که در سدهٔ شانزدهم بشدت مد بود، این جورابها را به‌پا کنند.

در چنین اوضاع و احوالی کاملاً طبیعی بود که برای حل این مسألهٔ ذووجهین یک مغز اختراع‌کننده به‌میدان آید، یعنی ماشینی اختراع کند که بتواند ده یا پانزده‌بار سریعتر از دست کار کند و در عین حال بافت بسیار ظریفتری هم انجام دهد.

چنین مغزی از آن ویلیام لی دانشجوی سابق کمبریج بود؛ او که حدود سالهای ۱۵۸۲ـ۱۵۸۳ دانشنامهٔ خود را در هنر گرفته بود این افتخار را یافت که بتواند تعدادی انگشت فولادین را به‌جای دست بشری به‌کار وادارد، انگشتهایی که همزمان فعال می‌شوند و در چشم به‌هم‌زدنی یک رج گره می‌زنند؛ و بدین‌ترتیب اجرای کار زمان بسیار کمتری لازم دارد.

1. W. Lee

محیط این اختراع: نویسندگانی که بیشتر خیال‌پرور هستند تا واقعگرای در اطراف ویلیام لی هاله‌ای از افسانه ایجاد کرده‌اند. لی در زادگاه خود ناتینگم‌شر[1] در کلیسای شهر کالورتون[2] منصبی داشت. دقیقاً معلوم نیست که در شهر کالورتون تولد یافته است یا در شهر وودبورو[3]. تولد او در هیچ‌یک از دفاتر این دو شهر ثبت نشده است اما باید این واقعیت را در نظر گرفت که پیش از سال ۱۵۶۸ تولد هیچ‌کس به ثبت نرسیده است.

لی که با دوشیزهٔ جوان و تنگدستی که از راه کشبافی دستی زندگی تنگ خود را تأمین می‌کرد نامزد شده بود، درصدد برآمد که نامزد خود را از این زحمت جانفرسا نجات دهد و امکان فراهم ساختن پول بیشتری را برای او به‌وجود آورد. طبق روایت دیگری، آقای لی زمانی ازدواج کرد که هنوز دورهٔ دانشجویی را در کمبریج می‌گذراند، و بدین طریق مقررات دانشکده را زیرپا گذارد و از دانشکده اخراج شد. این داماد جوان که تنگدست و دارای یک فرزند شده بود برای امرار معاش چشم به پشتکار و مهارت انگشتهای زن خود داشت.

اینکه کدام یک از این دو روایت حقیقت هستند، معلوم نیست، گرچه هر دو با افسانه آمیخته می‌باشند. درهرحال می‌توان گفت که آقای لی با دیدن کشبافی دستی بود که به اختراع نبوغ‌آمیز خود رسید.

دقیقاً دانسته نیست که عنوان «استاد در هنر» به چه درجه‌ای از آموزش اطلاق می‌شد. ولی گویا این عنوان درگرو تعدادی طرحهای فنی بود، بدون اینکه لزومی به‌عملی شدن اندیشهٔ مندرج در آنها در یک ماشین واقعی باشد یا به‌عبارت دقیقتر اجرای نمونهٔ اولیه‌ای زیر نظر او می‌توانست با کمک یک چلنگر یا آهنگر، و چنانچه چوبی باشد و به توسط یک درودگر انجام شود.

آقای میلتون ن. گراس[4] مورخ جدیدی که مبانی انگلیسی دستگاه کشبافی را کاملتر بررسی کرده است، سرگذشت واقعی سختیها و رنجهای این مخترع نگونبخت را که نتوانست از ملکه الیزابت اجازه لازم برای تأسیس یک مانوفاکتور را اخذ کند، بتفضیل شرح می‌دهد. دلیلی که ملکه به‌عنوان مخالفت ابراز داشت این بود که نمونهٔ جورابی که آقای لی با دستگاه در حضور ایشان بافته است، خشن می‌باشد. شکی نیست که این نمونه از پشم ضخیم بافته شده بود و با جوراب ابریشمی ظریفی که خانم مونتگیو تقدیم ایشان ساخته بود قابل مقایسه نبود. اما اگر این مخترع می‌توانست با دستگاه خود جورابهای ابریشمی ببافد اوضاع فرق می‌کرد. لیکن آقای لی مأیوس نشد و به‌کار خود ادامه داد. اگر به نوشته‌های آن دوران رجوع کنیم فقط اشاراتی در این مورد به‌چشم می‌خورند، اما آن اشارات اساسی هستند.

1. Nottinghamshire 2. Calverton 3. Woodborough 4. Milton N. Grass

قدیمیترین اشاره‌ای که در این‌باره شده است، مربوط به سال ۱۶۱۲ و تحت عنوان: ـ *A Trans Cript of his Majesties Letters Patents, granted unto simon Sturtevant, for the said Metallic Business, for one and thirty years.* که آقای جرج الد[1] در ۲۲ مه آن سال چاپ کرده است. نویسنده به نقل پروانهٔ ثبت اختراع اکتفا نکرده است و با شرح مکانیسمهای مختلف آن منشأ آن را هم ذکر می‌کند. چیزی که دربارهٔ اختراع ویلیام‌لی می‌نویسد این است: «در مورد جورابهای ساقه بلند و زیرپوش باید گفت که پیشرفت آنها سه مرحله داشته است: نخست آنها را از پارچه می‌دوختند؛ در مرحلهٔ دوم با میله آنها را می‌بافتند؛ و در مرحلهٔ سوم با دستگاهی که جدیداً استاد لی آن را اختراع کرده است.»

از سوی دیگر جان استو در سالنامه خود در سال ۱۶۱۵، که ما از آن صحبت کرده‌ایم، تاریخچه این اختراع را چنین باز می‌گوید: «در سال ۱۵۹۹ هنرکشبافی یا بافت جورابهای ساقه‌بلند ابریشمی، ژاکت و ... با ماشینهای فولادین بوسیله ویلیام لی، استاد هنر ازکالج سنت جان کمبریج اختراع و رواج یافت. این اختراع سپس به فرانسه راه برد و در آنجا پروانه ثبت اختراع را از شاه دریافت داشت و اکنون این صنعت سری تعلیم داده می‌شود ... شرکای او درکشورهای دیگر، مثل اسپانیا، ونیز، ایرلند و چند کشور دیگر مورد استقبال قرار گرفته‌اند و در آن کشورها به تعلیم خود می‌پردازند و بدین طریق در سراسر جهان این صنعت رواج می‌گیرد.»

در اینجا ما دو نص صریح در اختیار داریم که می‌توانیم بر آنها تکیه زنیم؛ زیرا در همان زمان نوشته شده‌اند. با این همه بسیاری از اشارتهای استو، مورد اعتراض مورخان جدید قرار گرفته‌اند. ازجملهٔ آنها می‌توان به جنبهٔ زمانی آنها اشاره کرد که مثلاً سال ۱۵۸۹ صحیح است نه سال ۱۵۹۹. ناگزیر باید بپذیریم که تاریخ نخست بر روی اطلاعات شفاهی مبتنی است و جملگی شواهد موجود به گمان ما به آن اعتبار می‌بخشند.

هر دو تاریخ را می‌توان پذیرفت؛ زیرا ویلیام لی نمی‌توانست درکوشش نخست خود به ساختن دستگاه کاملی برای این کار توفیق یابد. نتایج نخستین کار او بی‌شبهه خام بودند و بافت دستگاه اول احتمالاً بسیار شل بوده است و می‌بایست سالهای طولانی برای تکمیل کار خود کوشش کرده باشد و همچنین آن را با سوزنهای ظریفتری مجهزکرد.

دربارهٔ هجرت آقای لی به فرانسه، تنها مدرکی که در دست است، نوشته آقای استو است و دیگران این اطلاع را از وی اخذ کرده‌اند و غالباً مضمون آن را شاخ و برگ داده‌اند. طبق نوشتهٔ استو، آقای لی در فرانسه وکشورهای دیگر شهرت فراوان به‌هم رسانید و حال آنکه مورخان دیگر از

1. G. Eld

ناکامی او سخن می‌گویند. آقای لی زمانی‌که با برادرش جیمز وارد روان شد، نیم دو جین کارگر که هر یک ماشینی برای کشبافی همراه داشتند، با او بودند. این زمان کمی پس از قتل هانری چهارم در سال ۱۶۱۰ می‌باشد و بنابراین او مجالی برای تأسیس مانوفاکتور خود و بهره‌گیری از پروانه‌های اختراعش، که امضای هانری را با خود داشت، نیافت. هانری چهارم گویا به‌علت پروتستان بودن لی، این پروانه‌ها را به او اعطا کرده بود.

لی در سال ۱۶۱۲ یا ۱۶۲۰ پس از سالها تحمل تنگدستی در فرانسه جان سپرد؛ درحالی‌که هم در فرانسه و هم در انگلستان اطراف دستگاه کشبافی او را هاله‌ای از ابهام و اغراق فراگرفته بود. در هر حال روزگار او بسیار مبهم است و ما نتوانستیم در بایگانی روان کمترین اثری از گذر ویلیام لی از این شهر بیابیم.

هیچ مدرکی هم که بر بازگشت لی به انگلستان دلالت کند، در دست نیست، با این همه گفته می‌شود که او دستگاهها را به انگلستان برگردانید و به تعدادی بازرگان لندنی فروخت و بدون امید به موفقیت به زادگاه خود ناتینگم‌شر بازگشت و در آنجا در پرتو همکاری یکی از دوستان قدیمی به نام آستون[1]، دستگاه را مورد بررسی دوباره قرار داد و بازده آن‌را تا حد صنعتی بالا برد؛ سرانجام توانست نخستین مانوفاکتور کشبافی دستگاهی جورابهای ابریشمی را تأسیس کند.

درهرحال یک واقعیت وجود دارد و آن این است که در ۱۶۵۷ گروهی از کشبافان دستگاهی از کرومول تقاضا کردند که منشوری شبیه آنچه که برای حرفه‌های دستی وجود دارد، تنظیم شود. این منشور برای «استادان، مدیران، معاونان و شرکتهای کشبافی دستگاهی» بود و بعدها این گروه با عنوان «شرکت کشبافان دستگاهی» نامیده شدند.

این مقررات که پس از مرگ چارلز دوم با منشور دیگری ابرام گردید، بمنظور جلوگیری از اغفال و تقلب و بویژه با این دید تنظیم یافته بود که این اختراع صرفاً انگلیسی است و صدور آن ممنوع می‌باشد. این مقررات درجهت حفظ هم امتیازات استادکاران این پیشه و هم انحصار واقعی دولت بود که برای تاج و تخت انگلستان بسیار سودمند می‌نمود.

برای یکبار دیگر این امر تکرار شد که هرکس رمز کشبافی دستگاهی را به خارج دهد، مجازات مرگ دارد. اما متون نوشته شده، نشان نمی‌دهند که این مقررات پیامدهای زیادی داشته است.

موفقیت این دستگاه فراوان بود و در سراسر انگلستان مانوفاکتورهایی تأسیس شد. در حدود سال ۱۶۶۹ در سراسر انگلستان ۶۶۰ مانوفاکتور کشبافی دستگاهی فعالیت داشت که ۴۰۰ عدد از آنها در لندن بودند و سه پنجم از این تعداد اجناس ابریشمی می‌بافتند. در سال ۱۷۸۲ انگلستان

1. Aston

دارای ۲۰۰۰۰ کارگاه کشبافی دستگاهی بود. در این زمان از انحصار انگلستان بر این ماشین تنها خاطره‌ای مانده بود، زیرا علی‌رغم مبارزه با قاچاق این ماشین، رمز این دستگاه بزودی در سراسر اروپا آشکار شد.

پیدایش دستگاه جوراب‌بافی در فرانسه: در ۱۶۵۶ لویی چهاردهم تصمیم گرفت مانوفاکتوری تأسیس کند که تولید آن «مصنوعات ابریشمی جوراب، زیر جامه، ژاکت و ...» باشد، و نیز «امکان اشتغال برای تعداد زیادی کارگر فراهم شود و این کارگران در این کارگاه وسیله شرافتمندانه‌ای برای ارتزاق خانوادهٔ خود بیابند و از انتقال مبالغ هنگفتی پول به کشورهای بیگانه‌ای که این مصنوعات در آنجا ساخته می‌شوند، جلوگیری شود. این اقدام زیر نظر آقای ژان هیندره[1] در شاتودو مادرید انجام گرفته است و با چنان موفقیتی روبه‌رو شده که پیشرفت آن تحسین‌انگیز است. تصمیم ما برای افزایش آن تشکیل شرکتی است که منتهای کوشش خود را برای تکمیل آن به‌کار بندد.»

بدین‌ترتیب در سال ۱۶۵۶، دستگاه کشبافی که تقریباً پنجاه سال پیش از آن پنهانی وارد فرانسه شده، اما بسرعت واپس نشسته بود، این بار پیروزمندانه وارد شد و تحت حمایت دربار قرار گرفت. آقای ژان هیندره که به تشویق کلبر راز آن را از انگلستان آورده بود به‌عنوان «پایه‌گذار دستگاه کشبافی جورابهای ابریشمی» مشخص شد. در ژانویهٔ ۱۶۵۶ پادشاه فرانسه به هیندره پروانهٔ انحصاری تأسیس چنین کارخانه‌ای را در تمام فرانسه اعطا کرد و این پروانه در ۱۳ مه ۱۶۵۹ توسط پارلمان تصویب شد.

ظاهراً هیندره که در زیر مسؤولیتهای گوناگون از پا درآمده بود، ناگزیر از شرکتهای دیگر یاری خواست و در این زمان (۱۶۶۶) بود که هیأتی مرکب از آقایان بابر[2]، روترو[3]، وانگانگلت[4] و نی[5] برای ادارهٔ مانوفاکتور شاتودومادرید واقع در نویی[6] به ژان هیندره پیوستند.

چنین می‌نماید که این مانوفاکتور در وهلهٔ نخست نوعی مدرسه بود که می‌بایست طرز ساختن دستگاه را بخوبی فرا می‌گرفتند و سپس با آن کار می‌کردند. سالهای نخست کار، با وجود موفقیتهای سرگیجه‌آور (به‌نظر مردم آن زمان) در شروع تولید، دشوار گذشت و همان‌طورکه از پروانه‌های مربوط به تأسیس که لویی چهاردهم آنها را توصیه کرده است (۱۶۷۲) بر می‌آید، این کارخانه به‌عنوان تربیت استادکار برپا گردید. نخستین دویست نفر استادکار فارغ‌التحصیل این مدرسه از شاه مبلغ دویست لیره گرفتند تا به‌ساخت دستگاه کشبافی به توسط مانوفاکتور کمک کنند.

---

1. Jean Hindret 2. Babbert 3. Rotrou 4. Vanganguelt 5. NY

۶. Neuilly قصبه‌ای در ولایت اواز فرانسه.

کشبافی در آوینیون: با این همه باید گفت که در همان زمان در جنوب فرانسه، دستگاههای جوراب‌بافی «به سبک انگلیسی» وارد کار شدند و این پدیده را کارگران انگلیسی ساکن آوینیون باعث گردیدند. این کارگران مذهب کاتولیک داشتند و شاید بدین علت و یا به‌امید اینکه در کنتا[۱] زندگی بهتری داشته باشند، میهن خود را ترک کرده بودند. گویا امید آنها برآورده شد و در ۱۶۶۲، زمانی که هیندره با مشکلات دست و پنجه نرم می‌کرد، ما می‌بینیم که آنها با عناوین استادکار، تربیت‌کنندهٔ شاگردان، سازندهٔ دستگاه، فروشنده و اجاره دهندهٔ دستگاه، امضاکنندهٔ پیمانها، خریدار کارگاهها و غیره در کار هستند. بهای هر دستگاه در آغاز استقرار آنها حدود ۵۰۰ پوند بود که در اواخر آن سده تا ۳۰۰ پوند پایین آمد. قسمتهای فلزی، نظیر سوزن، پلاتین (تیغه)، پرس و غیره را چلنگرها و حتی ساعت‌سازها و جعبهٔ چوبی را نجارها و درودگرها می‌ساختند.

نخست فقط جورابهای ساقه‌بلند ابریشمی ساخته می‌شد، اما بزودی بافتن پشم، پنبه و لاس (ابریشم پست و نخاله) نیز با این دستگاه شروع شد. و همچنین تنها به بافتن جوراب اکتفا نشد بلکه همهٔ محصولاتی که ما در بالا در مورد کارگاه هیندره برشمردیم به این محصول افزوده شد. از سال ۱۶۶۶ در پیمانها از «دستکشها، زیرپیراهنی و کلاههای بافتنی» نام می‌رود.

در بایگانی و کلوز نامهای اجناسی که با این ماشینها بافته می‌شدند ضبط است؛ این نامها از نام خانواده‌هایی گرفته شده است که آن اجناس را در فرانسه رواج داده‌اند. کسانی این دستگاهها را به شهرهای جنوبی، مثلاً تولوز بردند و در آنجا آقای گیوم وار[۲] تابلوی «بازرگان جورابهای مردانه و زنانه» را بر روی کارخانهٔ خود نصب کرد.

موفقیتهایی که نصب این ماشینهای انگلیسی به‌دست آورد، سبب شد که در نواحی دیگر نوعی رقابت ایجاد شود و این پدیده باعث پیشرفت سریع این صنعت شد.

در ۱۶۶۷ لویی بوشرا[۳]، که حداقل از نظر مقام و ثروت شخصیت ممتازی بود، از مرکز لاهه اجازه یافت که «در شهر اوارنژ دستور دهد همهٔ ساختمانها، ماشینهای انگلیسی و دیگر مواد لازم برای تأسیس مانوفاکتوری جهت بافت جوراب، کفش، زیرشلواری، روبان، ژاکت و اجناس مشابه دیگری از ابریشم، نخ، پنبه و پشم فراهم شود و این امتیازی انحصاری در این قلمرو می‌باشد. متخلفین به پرداخت ۳۰۰۰ لیور جریمه و مصادره ماشین‌آلات و کالاهایشان برای ۱۵ سال محکوم خواهند شد».

شمارهٔ فراوان قراردادهای کارآموزی، شراکت، اجاره‌دهی خدمات و غیره گواه فعالیت مانوفاکتور

۱. Contat ناحیه‌ای در جنوب شرقی فرانسه.

2. G. Ware 3. L.Boucherat

بوشرا می‌باشد. همهٔ این امور با امضای نمایندهٔ او در اورانژ صورت گرفته است، اما به‌نظر نمی‌رسد که یکبار هم برای بازرسی کارخانه خود را زحمت داده باشد. با اینکه گاهی او را «کارگر بافنده جوراب ابریشمی» نامیده‌اند اما او هیچ شباهتی با استادکار این حرفه نداشت، بلکه همیشه همچون بورژوای ثروتمندی جلوه کرده است که «شامهٔ تیز تجارت» دارد؛ زیرا موفقیت انگلیسیها در آوینیون به او فهمانیده بود که زمینه مساعد است.

از همان زمانی‌که انگلیسیها در آوینیون مستقر شدند چند کارگاه به اوپد[1] انتقال یافت و دیری نگذشت که کارخانه‌ای بوسیله گیوم وار[2] در تولوز تأسیس شد، سپس در شهر مونتوبان[3]، که در این هنگام سروصدای اعتراض کسانی که درپی حفظ انحصار کشبافی در دست خود بودند، به‌پاخاست.

مبانی شکوفایی در شهر نیم: در شهر نیم که در حال تبدیل به یک مرکز مهم صنعتی بود، نخستین دستگاه کشبافی را شخصی به نام کوولیه[4] از شاگردان دستگاه هیندره در شاتو مادرید پایه گذارد؛ اما به‌نظر آقای ژ. بواسوناد[5] باید لویی فلیکس[6] را نخستین پایه‌گذار این صنعت در نیم دانست. لویی فلیکس در سال ۱۶۸۰ به چلنگری به نام تیموته پاستر[7] دستور داد قسمتهای فلزی این کارخانه را بسازد. معذلک یادداشتی با تاریخ ۱۷۶۴ در دست است که در سال ۱۶۴۰ دستگاه کشبافی وارد نیم شده است. چون مدرک دیگری در تأیید آن نیست به این تاریخ نمی‌توان اعتماد کرد.

موفقیتهای نخستین کارگاه کشبافی در نیم شگفت‌انگیز بود. این صنعت در همه‌جا رونق یافت، اما مرکز اصلی آن بسرعت به لیون (کارخانه فورنیه)[8]، کان، گران ویل، سن‌لو، والونی، کوتانس، لوویه و بایو[9] انتقال یافت. کارگاه شاتودو مادرید پس از یک آغاز خیلی خوب، پیشرفتی نداشت و رقابتی که کارگاههای دیگر (که نامشان بعداً خواهد آمد) با هیندره نشان دادند، علی‌رغم امتیازی که در اختیار شخص اخیر بود، مسائل را به‌سود او حل نکرد. وانگهی انحصار هیندره بیشتر جنبهٔ نظری داشت تا عملی. دلیل این ادعا تأسیس کارگاه فورنیه در لیون بود که در سال ۱۶۶۷ از مشاوران، مقررات اکیدی به‌دست آورد که مضمون مفصّل آن نشان می‌دهد که این یک کارخانهٔ واقعی بوده است.

سرانجام، پس از مرگ هیندره در سال ۱۶۹۷ کارخانه‌های کشبافی آن‌قدر زیاد شدند که باید

---

1. Oppéde 2. G. Ware

۳. Montauban شهری در ولایت تارن ـ ا ـ گارون، کنار رود تارن در ۶۳۰ کیلومتری جنوب پاریس.

4. Cuvellier 5. J. Boissonnade 6. L. Félix 7. Timotheé Pastre 8. Fournier

9. Saint-Lo, Valognes, Coutances, Louviers, Bayeux

این حقیقت را پذیرفت که دیگر انحصاری وجود نداشت و تقاضا نیز در حدی بود که کثرت کارخانه‌ها خطرناک نبود. در سال ۱۷۰۰ بنابر یک فرمان شاهانه «استادکاران جوراب‌بافی» اجازه یافتند که در شهرهای زیر کارگاه داشته باشند:

پاریس، دوردان [۱]، روان، کان، نانت، اولرون، اکس آن پروانس، نیم، تولوز، اوزس، رومن، لیون، مس، بورژ، پواتیه، آمین، اورلئان، ریمس. این شهرها غالباً منتظر اجازه شاهانه نبوده‌اند و از پیش چنین کارخانه‌هایی در آنها برپا شده بود. یک سال پس از آن شهرهای دیگری مانند: تولون، مارسی، مونپلیه و نیز شهرهای کوچکتری این اجازه را به‌دست آوردند.

قسمت میدی [۲] چنانکه آمار نشان می‌دهد به شکوفایی خود ادامه می‌داد. مثلاً در سال ۱۷۰۶ در شهر نیم ۸۷۰ دستگاه کشبافی فعال بودند و در سال ۱۷۱۱ این تعداد به ۱۱۰۰، و در سال ۱۷۴۳ به ۳۲۰۰ دستگاه در حدود سال ۱۷۸۲ در این قسمت تعداد ۹۰۰۰ دستگاه کار می‌کردند.

تروا: توجه داده می‌شود که در فرمان سال ۱۷۰۰ شهر تروا گنجانیده نشده بود، اما این شهر بعدها مرکز بزرگ کشبافی جهان شد. از مدتها پیش در این شهر صنف پراهمیتی از کشبافان دستی وجود داشت که تا اواسط سدهٔ هجدهم به کشبافی مکانیکی علاقه‌ای ابراز نمی‌داشتند.

صنعت بافندگی تا آن زمان در این منطقه در اوج شکوفایی خود بود. از سال ۱۷۴۵ جایگاه فروش محصولات آن کم شد؛ بنابراین حاکم شهر، آقای ژان برتلیه [۳] با اطلاع از استقبالی که در شهرهای متعدد دیگر از تولید جوراب به‌عمل آمده است، این اندیشه را مطرح ساخت که این صنعت خواهر (یا حداقل عموزاده) را در شامپانی مستقر سازد که کارگران به آن عادت داشته‌اند. آقای حاکم که از موفقیتهای نخستین کار خود در آرسی-سور-اوب [۴] و اطراف آن دلگرم شده بود، چند دستگاه کشبافی در نوانخانه ترینیته [۵] که کودکان بی‌سرپرست در آنجا نگاهداری می‌شدند، کار گذاشت. در نوانخانه، سطح مزد بسیار پایین بود و برای این مستمندان هم گرده نانی تأمین می‌شد.

موزهٔ کشبافی تروا این شانس را داشته است که یکی از نخستین دستگاههای جوراب‌بافی این شهر در آنجا نگاهداری شود. این یکی از قشنگترین و جالبترین دستگاههایی است که زینتهای ظریف آن نشان می‌دهد که سازندهٔ آن پیشه‌ور ماهری بوده و دستگاههای زیبایی می‌ساخته است. با این همه ممکن است پرسیده شود که چگونه ممکن است این ماشین و بخصوص قطعات فلزی آن در تروا ساخته شده باشد؟ آیا ممکن نیست که ساخت آن را به پیشه‌ورانی در نیم و یا کشورهای خارج، مثلاً وایمار سفارش داده باشند؟ برای این پرسشها تاکنون نتوانسته‌ایم پاسخی بیابیم.

---

1. Dourdan ,Oléron, Aix-en-Provence ; Ugés,Romans,Metz,Rains 2. Midi
3. J. Berthelier 4. Arcis-sur-Aube 5. Trinité

از آرسی-سور-اوب و سپس از تروا ماشینهای جوراب‌بافی در مناطق کشاورزی بسرعت متداول شدند و منابع کارگری اصلی خود را در آنجا یافتند و کشاورزان حدود دویست سال این صنعت را حفظ کردند و تنها در سالهای اخیر است که دربرابر کارخانه‌های معظم این شهر که اینک بخش بزرگی از اهالی، معاش خود را از آنجا به‌دست می‌آورند، آن را رها کرده‌اند.

مع‌ذلک شامپانی جنوبی در سدهٔ هجدهم تنها یک ناحیهٔ کشبافی در میان نواحی بسیاری با این صنعت بود و رونق آن با شهرهای لانگدوک قابل مقایسه نبود. تنها در آغاز سدهٔ نوزدهم بود که تروا در پرتو هوش و پشتکار سازندگان دستگاههای کشبافی خود، یکی از پیشروان صنعت کشبافی جهان شد.

تحول تکنیک، بازده دستگاهها

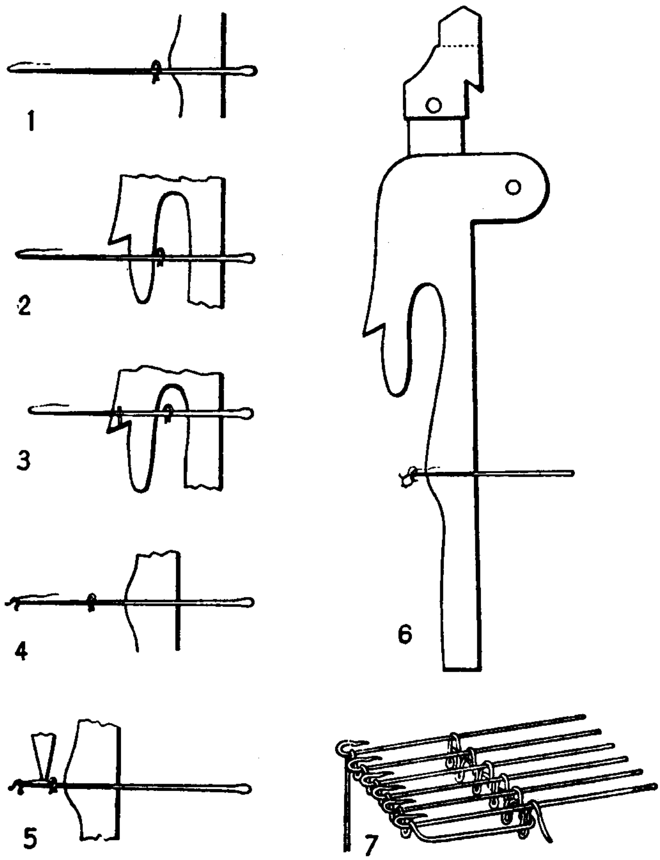
طرز کار دستگاههای کشبافی قدیم: دستگاه جوراب‌بافی معمولی از یک ردیف سوزنهایی که موازی یکدیگر در یک خط افقی قرار گرفته‌اند و متناسب با ریزبافتی جوراب که با یکدیگر فاصله دارند، تشکیل شده بود. این دستگاه را «تخت سوزن» می‌نامیدند.

نوک جلویی سوزنها قسمت فعال دستگاه است و خمیده شده است. قسمت خمیده، نرم و انعطاف‌پذیر است تا نوک سوزن با فشار کمی روی ساق آن سوار شود. در نقطه‌ای که نوک سوزن سوار می‌شود سوراخ سوزن قرار دارد، شکافی است که می‌تواند نوک سوزن در آن قرار گیرد تا اینکه مانع از آن شود که حلقهٔ نخ بطرف نوک جلویی سوزن بلغزد که به آن اصطلاحاً می‌گویند نخ در رفت. برای بستن نوکهای سوزن، یک میلهٔ افقی را که به آن خط‌کش یا پرس می‌گویند، پایین می‌آورند.

بین سوزنها، تیغه‌هایی عمودی بنام پلاتین قرار دارند و هر پلاتین از نوکی عمود بر خود و یک گرده ماهی در زیر تشکیل می‌شود. این تیغه‌ها دو نوع حرکت دارند: عمودی و افقی، موازی با خود تیغه‌ها.

طرز کار دستگاه چنین است. فرض کنیم که کشبافی شروع شده است؛ بنابراین می‌توان گفت با یک ردیف حلقه روی سوزنها نگاهداشته شده است (شکل ۴۲، شماره ۱).نخ در این هنگام به‌طور آزاد روی ردیف سوزنهای افقی قرار دارد.

۱) موجدار شدن، حرکت روبه پایین تیغه‌ها (پلاتینها) که نوکهایشان روی نخ تکیه دارد، نخ را فشار می‌دهد تا در فضای خالی بین سوزنها وارد شود؛ بدین‌ترتیب نخ مستقیم، دالبری یا زیگزاگ



شکل ۴۲.شکل اجمالی مراحل کار دستگاه معمولی کشبافی.

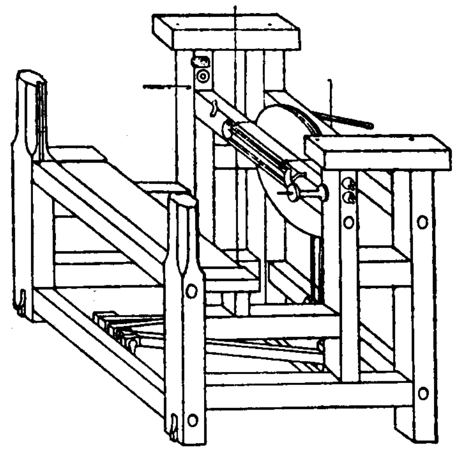
می‌شود. (شکل ۲ و ۳).

۲) منظم شدن، تیغه‌ها نخ موجدار را به‌سوی نوک سوزنها می‌رانند؛ نخ زیر قسمت خمیده وارد می‌شود (شکل ۴).

۳) زدن، خط‌کش یا پرس را پایین می‌آورند. نخ موجدار در نوک سوزنها وارد می‌شود. تیغه‌ها بالا رفته وکشبافت آزاد می‌شود. قسمت گرده‌ماهی (پایین) تیغه‌ها کشبافت را آن‌قدر به‌سوی انتهای سوزنها می‌رانْد تا بالای نوکها بسته شود. در موقع لزوم، یعنی زمانی‌که حلقه‌ها به بالای نوک سوزن رسیدند خط کش بالا می‌آید (شکلهای ۵ و ۶). روشن است که رج حلقه‌های نخست از روی نوک عبور می‌کنند و حال آنکه رجی که دارد ایجاد می‌شود هنوز درگیر است؛ بدین‌ترتیب است که

حلقه تشکیل می‌شود (شکل ۷).

پس از اجرای این حرکات متنوع که برای تشکیل یک رج حلقه نخ لازم است، تنها کاری که می‌ماند این است که اجزای دستگاه به‌حالت نخست خود بازگردند.



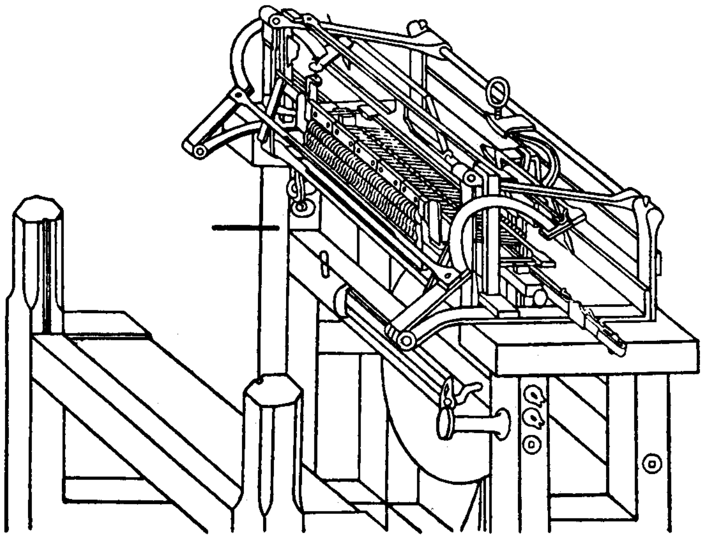
شکل ۴۳.جعبهٔ دستگاه قدیمی کشبافی (آلبوم هیندره و Encyclopédie).

طبیعی است که برای شروع یک کشبافت نیازی نیست که آن را با سوزنهای دستی اجرا کنیم، تنها کافی است که رج نخست حلقه‌ها را با ایجاد یک ردیف حلقه‌های بسته نخ دور سوزنهای ماشین تشکیل دهیم.

پرسشهایی در اطراف ماشین کشبافی لی: همهٔ شواهد لازم برای اینکه بدرستی بفهمیم که ماشین آقای لی چگونه بوده است از میان رفته‌اند. تصویر خطی این دستگاه که منشور ۱۶۵۷ کرومول را بیان می‌کند، بسیار غیر دقیق است و برای شرح مکانیکی دستگاه ساخت آقای لی نمی‌توان بر آن تکیه کرد. این تصویر را گراووری به تاریخ آغاز سدهٔ نوزدهم به ما شناسانید و مدرکی قدیمی را که اینک مفقود شده، باز نموده است. و هیچ دلیلی بر اینکه به صحت و دقت این کپی مطمئن باشیم، نداریم.

در ناحیهٔ فالون[۱] سوئد دستگاهی وجود دارد که طبق گفته‌های مدیریت موزهٔ فنی آنجا، دقیقاً مربوط به دستگاه آقای لی می‌باشد. اما این ماشین در ۱۷۲۳ به سوئد وارد شده و در انگلستان ساخته شده است که از طریق قاچاق با دو ماشین دیگر از این نوع بوسیلهٔ شخصی با نام یوناس

۱. Falun شهری در سوئد مرکزی، مرکز صنعتی ولایت کوپاربرگ.



شکل ۴۴.دستگاه قدیمی کشبافی، مکانیسم روی پایه سوار شده است (آلبوم هیندره).

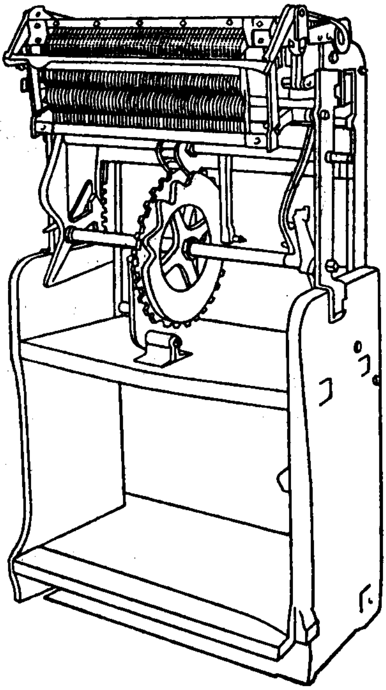
آلسترومر[1] وارد سوئد شد و با این کار خود، کشبافی دستگاهی را در سوئد رواج داد.

دستگاه هیندره: این دستگاه از نوعی کاملاً کلاسیک است و در اصول تفاوتی با دستگاهی که طرح آن را خود ژان هیندره داده بود تا ساخته شده و در شاتودو مادرید به‌کار افتد، ندارد. این ردیف نقشه‌های بسیار جالب، کهنترین مدارکی هستند که از دستگاه جوراب‌بافی موجود می‌باشند. این دستگاه پایی بود و حرکت پا به توسط سیستم پیچیده‌ای از ریسمانها به قسمتهای اساسی دستگاه انتقال می‌یافت. این قسمتهای اساسی یعنی: سوزنها، اهرمها و تیغه‌ها (پلاتینها) عیناً مانند دستگاه لی موجود در فالون و طرح هیندره قرار گرفته‌اند و نیز در تصاویر موجود در دایرةالمعارف دیدرو و دالامبر همین وضع به‌چشم می‌خورد.

نویسندگان دایرةالمعارف در پیچیدگی این دستگاه راه افراط پیموده‌اند. آنها چنین نوشته‌اند «این دستگاه را مخترع آن تقریباً به‌همین شکل که ما آن را تصویر کرده‌ایم، ساخته است و از آنجا که این دستگاه شایسته تحسین زیاد است، من آن را به‌جای دستگاهی که در گذشته همین کار دستگاه فعلی ما را انجام می‌داد، گذاشته‌ام؛ فقط تفاوتهای کوچک آنها را توجه می‌دهم» (*Encyclopédie, Vol. II*).

بنابراین ماشینی که در دایرةالمعارف تصویر و شرح شده است، ماشینی از سدهٔ هجدهم است.

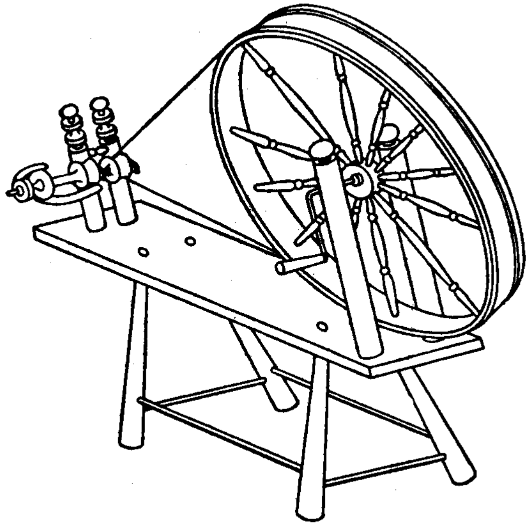
1. Jonas Alströmer



شکل ۴۵.دستگاه کشبافی ساخت سوئد (بوسیلهٔ Polhem، حدود سال ۱۷۳۰).

این ماشین با چند تفاوت جزیی شبیه ماشین هینده‌ره است؛ بدین‌ترتیب رفته‌رفته ما تا زمان خود مؤلف به عقب رفته‌ایم و اینک می‌توانیم از چگونگی دستگاه پس از تجدیدنظری که آستون در آن به‌عمل آورده است، نظر دقیقی داشته باشیم. این نظر که مکانیسم اولیهٔ آن چیز ساده‌ای بوده است و بعدها با اصلاحاتی که بتدریج در آن انجام گرفته، پیچیده شده است، درست نیست: این دستگاه نمی‌تواند ساده باشد، باید بتواند ایجاد حلقه کند.

متن پیش گفته، حرکات لازم برای ایجاد یک حلقه کامل در دور سوزنهای نوکدار را به پنج حرکت تقسیم می‌کند. نخستین اندیشهٔ مخترع محققاً از بندهای انگشتان دست بوده است. این تقلید به کمک اهرمها و تیغه‌ها انجام گرفت و سوزنها که بین تیغه‌ها قرار داشتند، مثل این بود که بین انگشتان دست هستند. چنین مکانیسمی می‌بایست نطفهٔ این سیستم باشد. پس از اینکه این‌چنین نطفه‌ای طرح و ساخته شد، عین حرکتی که با رکاب منتقل می‌شود، دستگاه می‌تواند با نخ ایجاد حلقه کند. اصلاحات و تکمیلهایی که در دستگاه وارد شد، دو منظور را تعقیب می‌کرد:



شکل ۴۶.چرخ نخریسی (آلبوم هیندره).

ظریفترسازی پارچه از طریق کم کردن فاصلهٔ سوزنها از یکدیگر و به‌کار گرفتن تیغه‌های نازکتر؛ و افزایش بازده کار.

ظرافت بافت و بازده کار: ظرافت کشبافت مطمئناً دلمشغولی اصلی نخستین سازندگان این دستگاه بوده است. همه می‌دانند که ظرافت بافت براساس واحدی سنجیده می‌شود که هنوز هم معتبر است. واحد آن برپایهٔ تعداد سوزن موجود در سطح معیّن، اینچ انگلیسی است. ظرافت کار تناسب مستقیم با تعداد سوزنها در اینچ مربع دارد.

تکنسینی از سدهٔ هجدهم در این‌باره می‌نویسد: «در مورد جورابهای ابریشمی از دستگاههای نمرهٔ ۲۴، ۲۵، ۲۸، ۳۰ و ۴۰ استفاده می‌شود. از دو نمره نخست برای بافت جورابهای ابریشمی راه‌دار، ژوردار و گلدار و از نمره‌های ۲۸ و ۳۰ برای جورابهای یکدست سیاه، سفید یا رنگهای دیگر و از دستگاه نمرهٔ ۲۲ برای بافتن جورابهای پشمی، پنبه‌ای، ابریشم لاس و کم بها استفاده می‌شد. دستگاه نمره ۴۰ کمیاب بود؛ کمتر کارگری بطرف این دستگاه می‌رفت زیرا چشم را صدمه می‌زد و کمتر کسی بضاعت خرید چنین جورابی را در خود می‌دید»
(Memoires sur la bonneterie du departement de Nimes 1782)

ممکن است پرسیده شود که بازده این دستگاهها در سده‌های هفدهم و هجدهم تا چه اندازه

بوده است؟ اگر تصور شود که در پایان روزکار چند دوجین جوراب به‌دست می‌آمد، تصوری کاملاً خطاست. در سال ۱۶۶۷ در کارگاه فورنیه واقع در لیون با ۱۲ تا ۱۳ ساعت کار در روز، یک استادکار می‌توانست در هفته سه جفت جوراب ابریشمی آن هم جورابی یکرنگ ببافد. چنانچه ارباب، دستور جوراب زینتی و بلند تا زانو را می‌داد، در هفته دو جفت بیشتر بافته نمی‌شد. با در نظر داشتن این واقعیت که کارگاه فورنیه شهرت بسیار خوبی داشت و کارگران آنجا بشدت مورد استثمار بودند، باید نتیجه گرفت که ارقام بالا، بیشترین بازده کار بوده است.

در یک سدهٔ بعد، بازده کمی بالا رفت. در شهرستان نیم، یک کارگر خوب در هر هفته می‌توانست چهار جفت جوراب ابریشمی یا شش جفت جوراب ابریشم لاس ببافد. در شهرستان مارسی سطح بازده بالاتر بود. در سال ۱۷۷۹ چهل دستگاه جوراب‌بافی هر روز شصت جفت جوراب تولید می‌کردند، و در همان زمان ده دستگاه تعداد پانزده جفت جوراب نخی می‌بافتند.

با تمام این احوال پیشرفت محسوسی در کار ایجاد شد. این پیشرفت از یکطرف نتیجهٔ تجهیز بهتر دستگاه و از سوی دیگر، مهارت بیشتر کارگران بود. در واقع می‌بایست توجه داشت که درست است که کار بافندگی مکانیکی بود، اما کارگر هم می‌بایست با دست بدوزد تا ساق و پاشنه جوراب آماده شود؛ که کاری دقیق و زمانگیر بود.

مهارت و استادی مکانیسین‌های سدهٔ نوزدهم این بود که مکانیسمی را در نظر داشتند که بتوان روی آن دسته‌هایی از سوزن و تیغه قرار داد تا چندین جوراب همزمان بافته شود.

کتاب‌شناسی I

Métier à la barre

PILISI (Jean), L'invention du métier à la barre amorce l'ère des machines, *L'industrie textile*, nº 887, janvier 1961.

Tondage

PILISI (Jean), Le tondage des draps dans l'histoire des techniques, *L'industrie textile*, 1954-1956 (quinze articles).

Étamines et Sayettes

DORNIC (François), L'industrie textile dans le Maine (Le Mans, 1955).

PILISI (Jean), Étamines et sayettes, *L'industrie textile*, 1964.

COORNAERT (E.), *La draperie-sayetterie de Hondschoote*, Paris, Presses Universitaires de France, 1930.

کتاب‌شناسی II

نخریسی، بافندگی و تکمیل دستگاه نواربافی

N. GRASS (Milton), *History of Hosiery*, Fairchild Publications, I.N.C., New York, 1955.

RICOMMARD (J.), *La bonneterie à Troyes et dans le département de l'Aube*, Paris, 1934.

MORTIER (Auguste), *Le tricot et l'industrie de la bonneterie*, Troyes, 1891.

FELKIN (W.), *An Account of the Machine wrought Hosiery Trade*, Londres, 1845.

ELLINGER (W.), *Les réfugiés huguenots en Saxe-Weimar. Leurs manufactures de bonneterie*, Grenoble, 1933.

Catalogue de l'Exposition « Trois siècles de bonneterie au métier en Bas-Languedoc, Musée du Vieux-Nîmes », 1957.

LECLERCQ (René), *Histoire de la bonneterie dans le Tournaisis*, Belgique, 1958.

THERY, *Origines du machinisme en France au XVIIe siècle*, Oran, 1945.

Encyclopédie de DIDEROT et d'ALEMBERT, articles : « Faiseur de métier à bas » et « Faiseur de bas au métier ».

Catalogue du « Trikotage Museet », Herning (Danemark), 1960.

USHER (A. P.), *History of Mechanical Inventions*, 1954.

NORBURY (James), Knitting formerly and now, *Wool Knowledge*, Londres, hiver 1952.

— A Note on knitting and knitted Fabrics, dans *A History of Technology*, vol. III, Oxford, 1957.

STOW (John), *The Annals or general Chronicles of England*, Londres, 1615.



تابلوی ۱۵. صحنه‌هایی از عملیات روی پشم و تکمیل پارچه.



تابلوی ۱۶. مریم کشباف

کتاب دوم

پیشه‌های مکانیکی

۱۲

ماشینیسم صنعتی

مفهوم انقلاب صنعتی، که مورخان با این اندازه دقت درباره آن سخن می‌گویند، معمولاً با مفهوم دیگری، که مبهم و غالباً فرموله نشده است یعنی: انقلاب تکنیکی، تداعی می‌شود. اگر این مفهوم در روزگار ما هنوز اهمیتی داشته باشد، باید گفت که انقلاب صنعتی پایان سدهٔ هجدهم و آغاز سدهٔ نوزدهم تنها از جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی دارای ارزش است. بر ما لازم است که کاملاً آویزه گوش قرار دهیم که در یک تاریخ دقیقاً تکنیک هیچ دوره‌ای، چنین توصیف نمی‌شود. در همهٔ این دویست سال تاریخ تکنیک نیز که ما اینک سالهای شروع این پدیده را در آن مورد بحث قرار می‌دهیم این حکم خود را نشان می‌دهد؛ همچنین باید گفت که تاریخ دو سدهٔ پیش از این دهه‌های سرنوشت‌ساز نیز چنین بوده است.

افسانهٔ انقلاب تکنیکی: این افسانه را تاریخ‌نویسان مدتهای مدید به روی خود نمی‌آوردند و خوانندگان آنها نیز خود را با این موضوع که پیشرفت امری پیوسته است، آشنا نمی‌کردند. به‌گمان آنها ماشینی‌شدن صنعت در این دوران مورد گفت‌وگو، با خشونتی نظیر انقلاب صنعتی خودبه‌خود به‌وجود

آمده است. در واقع در آن هنگام پیشرفت زیادی حاصل شد و مبانی فرمانروایی ماشین ـ ابزار در آن دوران گذارده شد.

ماشین ـ ابزار فقط در جریان نخستین ربع سدهٔ نوزدهم به‌خدمت تکنیک صنعت درآمد و همان‌طورکه در جلد بعدی این کتاب خواهیم دید در نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم بود که نخستین کوششهای لازم برای کاربرد صنعتی آنها در دستگاههای خراطی، مته‌کاری، فرز موجود به‌عمل آمد. در واقع تعدادی از این ماشینها برای تراش قطعات بزرگ و به‌دست آوردن نتایجی که با کار دست فراهم نمی‌شدند، ایجاد شده بودند. این امر نشان می‌دهد که وسایل مکانیکی دیگری در قسمت صنعت تغییر شکل فلزها برای دستکاری و جابه‌جا کردن این قطعات بزرگ درکار بودند.

در این‌چنین صنایعی، پیشرفت کاربرد مکانیکی در حقیقت آهنگ منظمی داشته است و باید گفت که یک نوآوری، نگفته‌ایم اختراع، تا زمانی‌که وسیله موردنظر به سطحی از پیشرفت نرسیده است که بتواند آن نوآوری را بپذیرد، هیچ سودی نخواهد داشت. مثلاً کاربرد یک برقوی دقیق یا یک دستگاه معمولی تراش هنگامی برای صنعت مفید خواهد بود که مدت زمانی که بدین‌ترتیب برای عملی که درگذشته با روش کندتری انجام می‌گرفت صرفه‌جویی شده است، به‌علت ناتوانی در تسریع عملیات تکمیلی هدر نرود. این یک قانون پیشرفت است که ما هر روزکاربرد آن‌را شاهدیم و این قانون در دوران ما شروع به عمل نکرده است، بلکه لااقل از همان آغاز عصر جدید، پس از قرون وسطی، فعال بوده است. جالب است که مورخان این قانون را تا همین روزگار ما به‌حساب نمی‌آوردند و تلاش می‌کردند که پیشرفت تکنیک را براساس جهشهای متناوب عجیب و غریب توضیح دهند.

مراحل نخستین ماشینیسم صنعتی: متالورژی تنها رشته‌ای نبود که بستگی به تکامل وسایل مکانیکی داشته باشد. تا سدهٔ هجدهم، چوب ماده‌ای بود که در صنعت، حتی برای ساختن ماشینها، بیش از مواد دیگر به‌کار می‌رفت و بخصوص تا مراحل اولیهٔ ماشین بخار، دستگاههایی که ایجاد انرژی می‌کردند، اساساً چوبی بودند. این امتیاز شاید به علت سهولت تهیه و شکل دادن به چوب باشد؛ زیرا وسایل مکانیکی مهم آن زمان بسیار ابتدایی بودند. کارکردن بر روی مواد دیگری از قبیل سنگ، سنگ مرمر و بعداً فلزات با اصلاح و تکامل آن وسایل قابل استفاده شدند. بدین‌ترتیب بشر تجربهٔ مدیدی از این مشکلات به‌دست آورد و سرانجام به لزوم چاره‌جویی حل آنها با روشی غیر از تجربه‌های کورکورانه پی برد.

بیشتر فصلهای این کتاب، پیشرفت روزافزون ماشینی‌شدن کار انسان را نشان می‌دهند. در

این راه ما خواهیم دید که چگونه ماشینی شدن صنعتی بر اساس نوع وسایل در دسترس آفرینندگان آنها در هر یک از این دورانها، شکل می‌گیرند. طی سده‌های پانزدهم و شانزدهم، بخصوص در اطراف آسیابها، انواع اولیه چکشهای مکانیکی، سنگ سنباده، مته، ارهٔ مکانیکی بر پایهٔ اشکال نخستین آنها در قرون وسطی، اما با ساختمانی قویتر و کاراتر پدیدار شدند. پس از گذشت این دوران کودکی، تکامل این وسایل در دو سدهٔ بعد بنحوی مطمئنتر و منظمتر ادامه یافت. این سده‌ها را از این جهت، نادیده گرفته‌اند و این کار بویژه بدین‌منظور انجام گرفته است تا بتوانند توجه خواننده را به تعدادی از حوادث موردنظر، که در فصلهای پیشین و پسین، به‌طور پراکنده آمده است، جلب کنند.

صنعت سنگین

این اصطلاح حتی در مفهوم کنونی خود به آن سده‌های انتقالی اطلاق می‌شود که فاصلهٔ بین دوران رنسانس و پایان سدهٔ هجدهم را پر کرده‌اند. کارگاهها سازنده توپ، لنگر کشتی، تندیس و اشیاء بزرگ مفرغی و ورقهای برنجی یا سربی در برابر رشته‌های صنعتی دیگر آن زمان، از قبیل: شیشه‌گری، سرامیک‌سازی، شیمی صنعتی، شیمی غذایی و شیمی بافندگی و نیز صنایع دیگری که از محصولات فلزی استفاده می‌کردند مانند: ریخته‌گری در ماسه، آهنکاری، چلنگری، ساختن وسایل آشپزخانه و ابزارهای برنده، ساعت‌سازی و غیره تحت عنوان صنعت سنگین مشخص می‌شدند. در زمانی بسیار پیشتر از آن که نوشته‌های مربوط به آمار اقتصادی مقدار تناژ مواد اولیه و سوخت مصرفی و محصولات تولید شده را ذکر کنند، با یک نظر بر روی لوحه‌های کتابهای متعدد صنعتی متعلق به سده‌های شانزدهم، هفدهم و هجدهم وجود این صنعت سنگین و نیز پشتوان صنعتی بالنده‌ای که ضامن فعالیت آن است، حس می‌شود.

تحول در تصاویر صنعتی: شکی نیست که رسم مراحل تکامل صنعت در این دوران دشوار است. متون نوشته، چیز زیادی به ما نمی‌دهند و هنر ترسیم تصاویر صنعتی در سده‌های شانزدهم و هفدهم بسیار ابتدایی بود. و حتی در سدهٔ هجدهم هم فاقد آن وضوح و دقتی بود که بر اساس آن خواننده بتواند تکامل عملیات مختلف را گام‌به‌گام و بدون شک و تردید تعقیب کند. تصاویر با روشنی بیشتری با مخیلهٔ ما سخن می‌گویند، لیکن در اینجا نیز برای تفسیر سخن آنان، باید چیره‌دستی هنرمندان نقاش هر دوران را به‌حساب آورد. تصاویر کتابهای سدهٔ شانزدهم که شهرت آنها تا زمان ما به‌جای مانده است، مثلاً تصاویر کار دست آگریکولا، بیرینگوتچی و راملی سبک و شایستگی ترسیم‌کنندگان را بر خود دارند. تکنیک ابتدایی طرحها و سادگی آنها مطمئناً از تکنیکهای کانکاوی، آتشکاری کوره

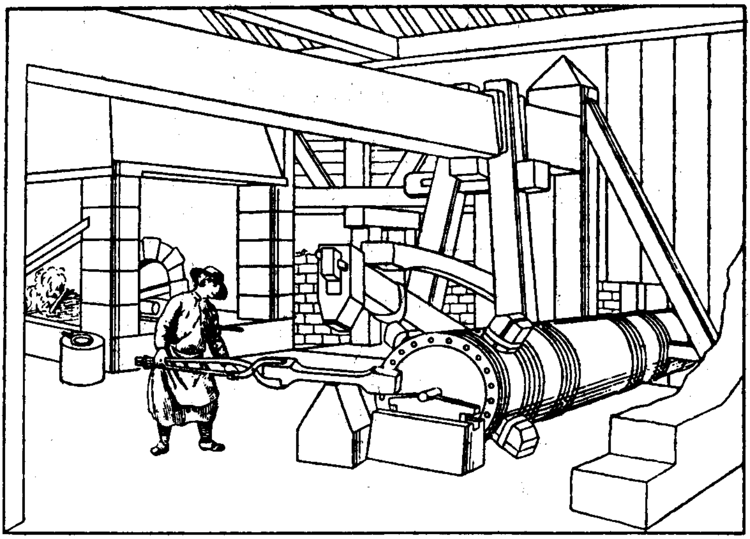
و جنگ افزارسازی زمان خود، که این هنرمندان آنها را به تصویر درآورده‌اند، عقبتر است. در این مورد خام‌دستی ویلارداونکور، سدهٔ سیزدهم، که معمار قابلی هم بود، زبانزد است. تصاویر مربوط به کارهای تکنیکی سدهٔ شانزدهم و آغاز سدهٔ هفدهم از نظر پرسپکتیو دلالت بر هنرمندی چندانی ندارند. تعلیم ترسیم تکنیک تا میانهٔ سدهٔ هجدهم وجود نداشت. بدون‌شک، علت اینکه هزاران کروکی لئوناردو وقتی در معرض دید معاصران ما قرار می‌گیرند، آنها را شگفت‌زده می‌سازند، همین امر است. از آقای ژاک بسون، پایان سدهٔ شانزدهم تا آغاز سدهٔ هجدهم با مرور کارهای سالومون دوکو، شروبن‌های[1] کشیش، پلومیه[2] و حتی بلیدور[3]، معلوم می‌شود که هنر مصورسازی ماشینها و ابزارآلات همراه با خود ماشینهای تصویر شده، پیشرفت داشته است. هنرمندان سدهٔ هجدهم که یا در خدمت اعضای آکادمی بودند تا Description des Arts et Métiers را به سفارش آنها تصویر کنند یا همراه دیدرو برای مصورسازی Encyclopédie (آنسیکلوپدی)، درکار خود بسیار استادانه عمل کرده‌اند. شاید بتوان گفت که تفاوت میان یک کارگاه سدهٔ شانزدهم با کارگاهی در سدهٔ هجدهم، از نظر ماشین‌آلات و ابزارهای مکانیکی موجود در آنها، آن‌قدرکه در مقایسه تصاویر این دو سده توهم می‌شود، بزرگ نبوده است.

حتی زمانی‌که این عامل هم در حساب آید، باز می‌توان گفت که طی این دو سده، پیشرفت چشمگیری حاصل شده است.

آهنگری و چکش مکانیکی: نمونهٔ روشهای تغییر و شکل‌دهی قطعات بزرگ فلزی، گواه روشنی از این پیشرفت است. در متالورژی علاوه بر توپ، از جمله قطعات بزرگی که در شروع سدهٔ هجدهم ناچار به ساختن آن بودند، لنگرکشتی بود. رئومور لنگر را در... *L'art de forger les ancres* بدقت شرح داده است و نویسندگان آنسیکلوپدی ترسیمه‌های رئومور از لنگر را مدل دانسته‌اند. شاه قطعه هر آهنگری بزرگ مطمئناً چکش مکانیکی آن است که به‌توسط یک چرخ هیدرولیک، که از هشت یا ده سدهٔ پیش شناخته شده بود، عمل می‌کند (شکل ۴۷). این چکش در این زمان، دیگر یک وسیلهٔ ساده نبود و تجارب انباشته شده از نسلهای متعدد، آن را تکامل داده و از آن دستگاهی نیرومند با کار منظم به‌وجود آورده بود. رفته رفته ساختمان میلهٔ افقی، محور و یاتاقانگردهای آنکه دستگاه روی آن قرار دارد و زایده‌هایی که عمل بادامک را دارند و نیز شکل سندان و سر پتکی که روی قطعهٔ چکشکاری شونده می‌افتاد، جملگی به شکلی منطقی تکامل یافته بودند. انواع گوناگون پتکهای سقوطی چنان با نوع کار خود انطباق یافتند که همان‌طور و بدون

1. Cherubin 2. Plumier

۳. Bernard Forest de Bélidor ۱۶۹۳ـ۱۷۶۱ مهندس و ریاضیدان فرانسوی.

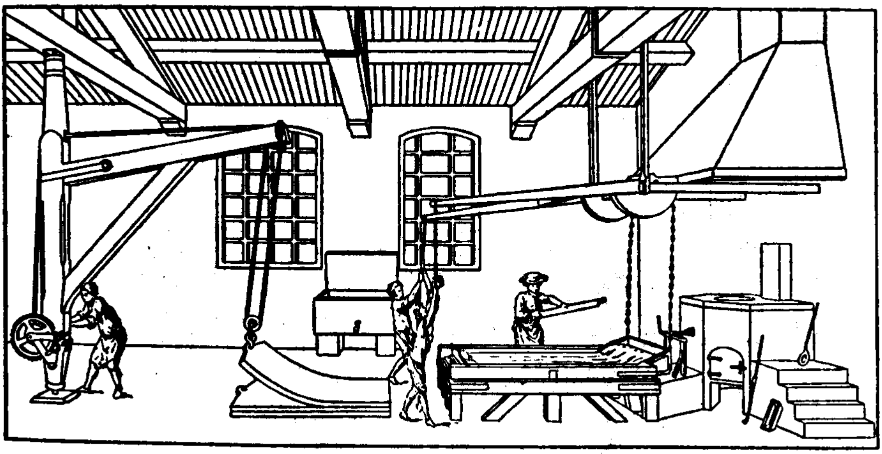


شکل ۴۷.کارگاه آهنگری برای ساختن لنگر (Encyclopédie).

تغییر تا نیمهٔ دوم سدهٔ نوزدهم، و حتی از بعضی از آنها تا همین اواخر استفاده می‌شد. ماشین بخار که در این نوع پتکها، جانشین چرخهای هیدرولیک شده بود تا مدتها پس از پیدایش نخستین چکشهای بخاری، کار آنها را ضمانت می‌کرد.

نظم و ترتیبی که در کارگاه وجود داشت اجازه می‌داد کارگر کار سنگین خود را در کمترین زمان و هزینه به‌انجام رساند؛ محیط تصویرشده در تابلوهای موجود از سدهٔ هجدهم که با آشفتگی و شلوغی عجیب که گویا خصلت همگانی کارگاههای تصویرشده ـ مثلاً در کتاب *De Re Metallica* می‌باشد، تضاد و تقابل شگفت‌انگیزی دارد، این ادعا را ثابت می‌کند.

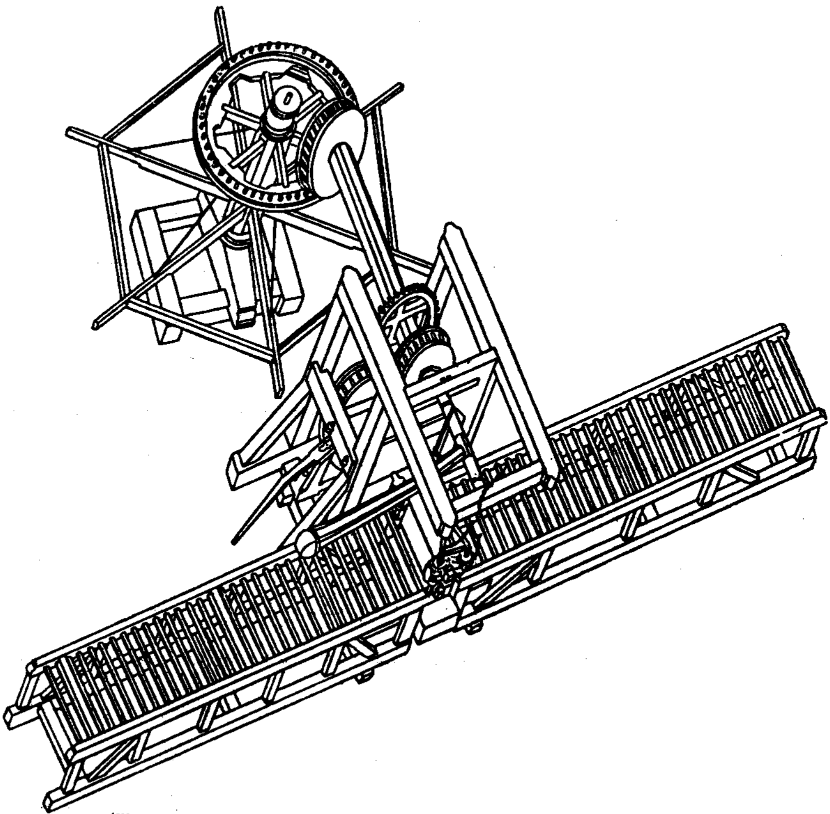
نوردکاری: همین نظم و ترتیب در کارگاههای دیگر فلزکاری که قطعات سنگین، صفحات بزرگ برنج، قطعات ریخته‌گری روی میز، ورقهای سرب نوردشده، تولید و یا شکل داده می‌شد به‌چشم می‌خورد. از همان آخرین سالهای سدهٔ هفدهم در انگلستان نوردکاری ورقهای سرب بی رواج یافت. این صنعت پیشرفتی پیوسته داشته است و پس از گذشت پنجاه سال، حدود سال ۱۷۳۰، وارد فرانسه شد. با وجود مقاومت صنفها که در این زمان با هر نوع نوآوری از خود نشان می‌دادند، کارگاههای متعددی نخست در پاریس، سپس در چند شهر دیگر بر پا شدند. کارخانه نورد سرب در رومیبی، نزدیک روان که احیاناً طبق مدلی که از سال ۱۷۳۰ در حومهٔ سن آنتوان کار می‌کرد ساخته



شکل ۴۸.کارگاه نورد ورقهای سربی، کوره و میز ریخته‌گری (Encyclopédie).

شد، از نظر تجهیزات نظیر کارخانه‌های نورد سرب کنونی بود. جالب است که آنها با چه اطمینانی میز ریخته‌گری را در جنب کوره، که پر از سرب گداخته بود، به‌طوری‌که کانال از سرب گداخته پر می‌شد، قرار می‌دادند (شکل ۴۸). در این زمان دیگر به شیب زمین، که در دو سدهٔ پیش مورداستفاده قرار می‌گرفت، نیازی نبود. وانگهی کارگاهها، سالنهای سرپوشیده و کاملاً محفوظ بودند. دو بازوی اهرمی افقی به کارگر امکان می‌داد که کانال را به انتهای میز منتقل سازد. زنجیرهایی که کانال را نگاه می‌داشتند هر کدام به لبهٔ یک هلالی چوبی متصل شده بودند. کانال در اثر وزن خود به‌جای اول خود برمی‌گشت، وزن بازوهای اهرم در دو طرف نقطهٔ تعلیق تقسیم می‌شد. ورقهای سرب به کمک یک جراثقال دستی و قلابی که به یک فلکهٔ گردان متصل بود، از روی میز ریخته‌گری برداشته می‌شد. در شرایط فقدان قدرت هیدرولیکی یا نیروی اسب‌گرد ـ تنها منبع نیروی آن زمان ـ کافی، از هر وسیلهٔ مکانیکی برای کاستن از مصرف انرژی عضلانی استفاده می‌شد؛ بدین‌ترتیب فقط یک کارگر ورقهای سربی سنگینی را که می‌بایست نورد شوند، جابه‌جا می‌کرد.

جراثقال فوق با گردش دور محور عمودی خود، ورق سرب را روی میز نورد قرار می‌داد. میز نورد که دو غلتک آن کمی بطرف مرکز، شیب داشتند تقریباً واجد همهٔ مشخصات دستگاه نورد کنونی بودند (شکل ۴۹). دستگاه نورد متحمل بیشترین اصلاحاتی که در قدرت مکانیک آن زمان بود، شد. غلتک پایینی را یک چرخ هیدرولیکی یا نیروی اسب می‌گردانید و گردش آن از طریق یک دندهٔ ماردون چوبی انتقال می‌یافت. نوعی دنده می‌توانست به غلتک فرمان دهد تا حرکت



شکل ۴۹.کارگاه نورد ورقهای سربی، نوردکاری (Encyclopédie).

معکوس داشته باشد یا خلاص گردد. فاصلهٔ میان غلتکها را طوری تنظیم می‌کردند تا برای جاگرفتن ورق سرب مورد نورد ارتفاع لازم را داشته باشد. این تنظیم به‌طور خودکار به‌توسط یک دور ساده میل‌لنگ انجام می‌گرفت، یک ردیف دنده، آن حرکت را به پایه‌های محور غلتک عمودی انتقال می‌دادند.

تا پایان سدهٔ هجدهم، تنها فلزی که نورد می‌شد، همانا سرب بود. روی را هم نورد می‌کردند اما فقط با شروع ساخت ورقهای حلبی، مصرف آن اهمیت یافت. مس و برنج را با چکشکاری یا به کمک نوعی غلتک کوچک بوسیلهٔ مکانیسین‌ها یا ابزارسازان، و فلزات قیمتی را زرگران نورد می‌زدند. گویا تنها ضرابخانه بود که از نوردهای مهم و سنگینی با نیروی اسب‌گرد (مانژ) استفاده می‌کرد تا گرده‌ها را نقش اندازد. نوردکاری ورقهای مسی تنها از حدود سال ۱۷۷۰ در مقیاس زیاد

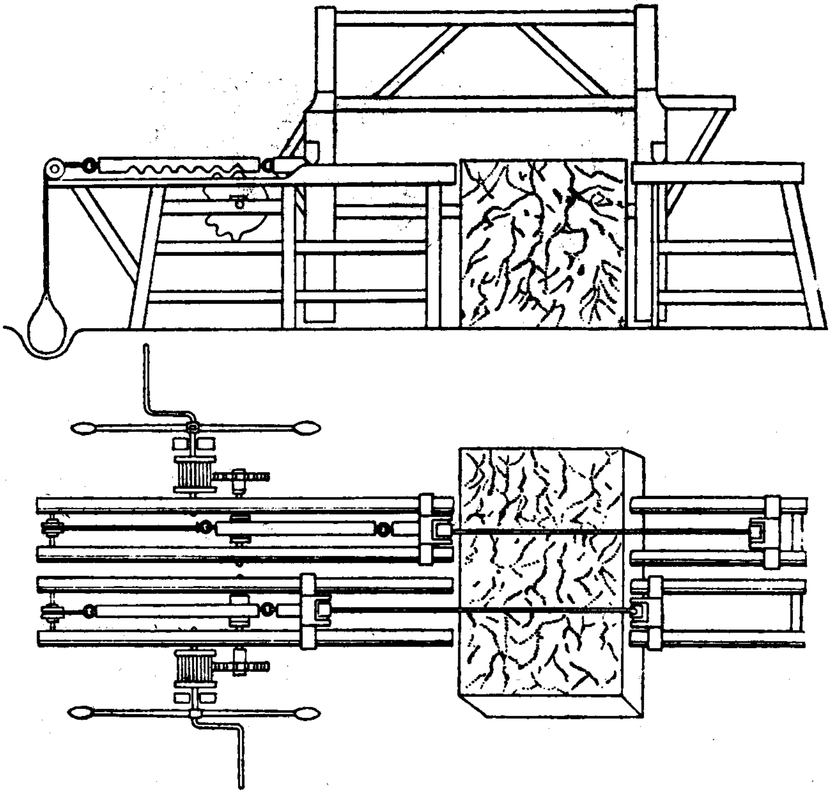
عملی شد. در سال ۱۷۸۲ در شهر رومیی یک کارگاه مهم نورد مس تأسیس شد. حدود اواسط سدهٔ هجدهم بود که در انگلستان و آلمان شروع به نوردکردن آهن برای تولید ورق آن شد. به‌علت نیاز برای تولید حلبی در مؤسسات متعددی این روش مورداستفاده قرار گرفت. مهمترین کارخانهٔ فرانسه در سال ۱۷۷۷ نزدیک سن اومر در ناحیهٔ بلندک[1] ساخته شد و پنج سال پس از این تاریخ، کارخانه‌ای برای نورد صفحات مسی نیز در آنجا برپا شد که موفقیت بسیار زیادی یافت. تکنیک نوردکاری پیشرفت نسبتاً فراوانی داشت. هنگامی‌که کارخانه‌های فرانسوی تا پایان سدهٔ هجدهم با ورشکستگیهای گوناگونی مواجه می‌شدند اسلاف انگلیسی و آلمانی آنها در این میدان رونق داشتند یا لااقل به فعالیت خود بنحو رضایتبخشی ادامه می‌دادند؛ اما دلیل عدم موفقیت آنان هیچ ربطی به عقب‌ماندگی روشهای مورداستفاده نداشت.

اره‌های مکانیکی: عملیات اره‌کشی و مته‌کاری از زمانهای بسیار قدیم ماشینی شدند. در جلد نخست این کتاب طرحی از ویلاردو اونکور، سدهٔ سیزدهم، مربوط به نوعی ارهٔ مکانیکی وجود دارد (جلد اول، ص ۵۳۰). تیغاره بوسیلهٔ ترکهٔ انعطاف‌پذیری بالا می‌رود و به‌توسط زایده یا خاری که روی بازوی افقی یک چرخ هیدرولیک وجود دارد، پایین می‌افتد. این سیستم تکمیل شد و گویا در شروع سدهٔ شانزدهم رواج زیاد یافت. مکانیسم این نوع دستگاه از آن پس تا سدهٔ نوزدهم تغییری نیافت؛ قابی با چند تیغهٔ موازی اره حرکت متناوب عمودی داشت. این حرکت را یک چرخ ضامندار تأمین می‌کرد که با هر ضربه اره، میلهٔ دندانه‌داری را که کفه‌ای را با خود می‌کشید جلو می‌برد و تنهٔ درختی که قرار بود تخته‌هایی از آن بریده شود، روی این کفه قرار می‌گرفت.

این روش در مورد مواد بسیار سخت مانند سنگ و مرمر... به‌کار می‌رفت. در کتاب بلیدور با عنوان *Architecture hydraulique* در تحریر نخست آن در سال ۱۷۳۷ تصویری وجود دارد مربوط به یک اره دو تیغه، که از آن برای بریدن مرمر استفاده می‌شد که در آن زمان هیچ چیز تازه‌ای نداشت (شکل ۵۰). حرکت این اره بوسیلهٔ دو میل‌لنگ دستی انجام می‌گرفت، زیرا این ماشینها به‌علت سهولت استفاده از آنها قرار بود در معادن سنگ به‌کار روند.

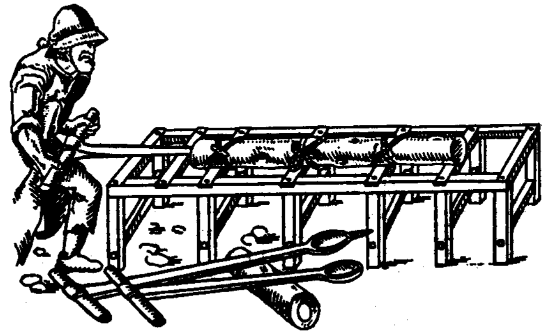
مته‌کاری لوله‌ها: کار روی چوبها برای کارگران و مهندسان فرصتی پیش آورد تا وسایل مکانیکی مته‌کاری لوله‌ها را بیازمایند. در موارد بسیاری ازجمله برای معادن و تأسیسات آب‌رسانی، گویا از دوران باستان رسم بوده است که با سوراخ کردن تنه درختان از آنها به‌عنوان لوله استفاده می‌کردند. در صفحهٔ این جلد نمونه‌هایی از روشهای متداول برای سوراخ کردن تیرهای چوبی داده شده است. به‌نظر نمی‌رسد که مته‌کاری مکانیکی در سدهٔ شانزدهم از رواج قابل‌توجهی برخوردار بوده باشد.

۱. Blendecques دهستانی در پادوکاله، سن اومر، کنار رودخانهٔ آ.



شکل ۵۰.اره کردن سنگ مرمر با اره مکانیکی، مقطع عمودی و افقی (Belidor, Architecture hydraulique) دو تیغه اره همزمان در جهات مخالف یکدیگر عمل می‌کردند. هر اره بوسیله وزنه‌ای در جهت دندانه‌ها کشیده می‌شد و به‌توسط میلهٔ دنده‌دار و چرخی که مقداری از آن دندانه دارد، به عقب کشیده می‌شد.

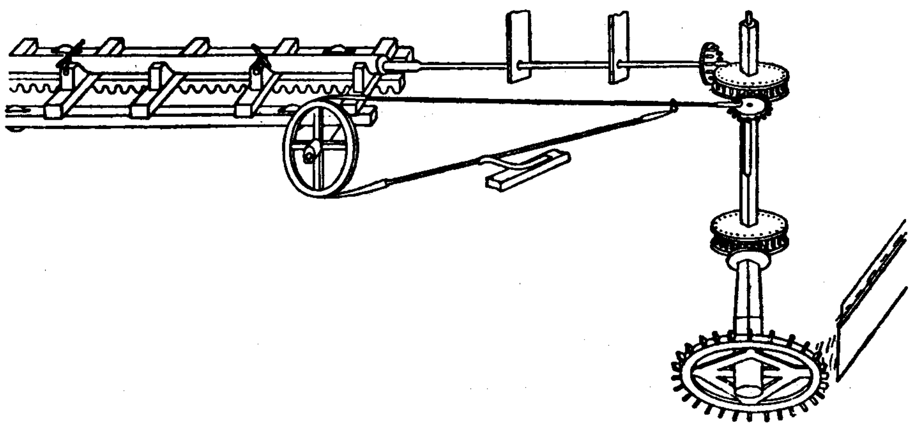
در کتاب آگریکولا ما با کارگری مواجه می‌شویم که با مته دستی بدنهٔ تلمبه می‌سازد (شکل ۵۱). اما در نیم‌سدهٔ بعد از آن در کتاب بیرینگوتچی دیده می‌شود که یک چرخ هیدرولیک این مته را می‌گرداند، سرانجام باید گفت که بلیدور شرحی از یک آسیاب که می‌تواند لوله‌های چوبی بسازد، ارائه می‌دهد (شکل ۵۲). طرح بلیدور اهمیتی بیش از یک عنوان دارد. چرخ هیدرولیک مربوط به مناطق کوهستانی است که از آبشار بهره می‌گیرد و می‌توان آن را نمونهٔ اولیهٔ توربین پلتون کنونی



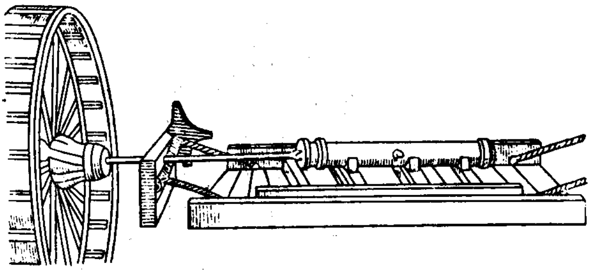
شکل ۵۱.مته کردن یک لولهٔ چوبی با دست (آگریکولا).

دانست. آنها بدون اینکه دید وسیعی از ابزارها داشته باشند، از نقش دندههای ماردون برای حرکت در جهت معکوس و نیز تأمین فشار صفحه‌ای که باید مته‌کاری شود بر روی تیغ مته ـ از طریق چرخی که ضامن آن با میلهٔ سختی به چرخدنده متصل شده است و با هر دور آن عمل می‌کند ـ اطلاع کامل داشتند.

لوله‌های‌سربی یا چدنی ریخته‌گری می‌شدند. تولید لوله‌های سربی کششی در اواخر سدهٔ هجدهم آغاز گشت. در فلزکاری مدت دو سده از مته‌کاری تنها برای توپ‌سازی استفاده می‌شد. مدت چندین سده، از شروع سلاحهای آتشین تا پایان سدهٔ شانزدهم، توپ‌ریزی در قالبهای زمینی و با یک ماهیچه مرکزی انجام می‌گرفت



شکل ۵۲.استفاده از آسیاب برای سوراخ کردن لوله‌های چوبی (بلیدور).



شکل ۵۳.دستگاه برقوزدن لوله (بیرینگوتچی).

(صفحهٔ ۶۵۸ را ببینید) کتابهای چاپی همهٔ ادوار نقش، نخست مدل و بعد قالب را بتفصیل توضیح داده‌اند. یکی از این کتابها نوشتهٔ بیرینگوتچی است با عنوان *Pyrotechnia* (۱۵۴۰)، که اگر در مورد ماشین مته‌کاری لوله‌های توپُر برای ساختن توپ (شکل ۵۳) نخستین کتابی نباشد که به توضیح آن پرداخته، در مورد نقش مدل و قالب، نخستین است.

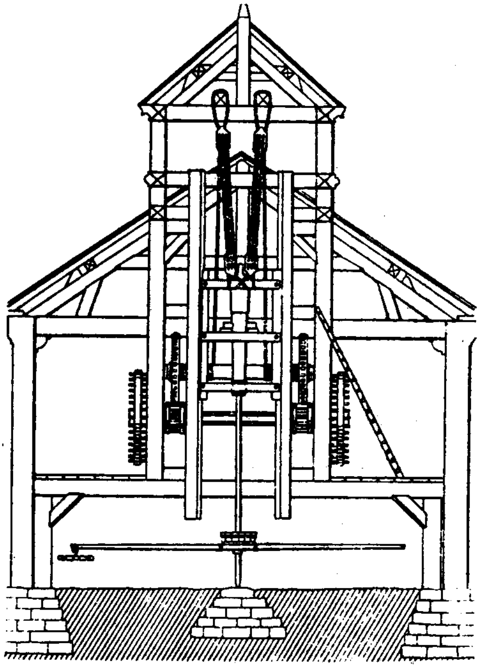
لولهٔ توپ را بر روی سکویی چوبی، که همچون ارابه دارای چرخهایی بود، قرار می‌دادند. به کمک نوعی دستگاه سیم جمعکن، لوله را از طول پیش می‌آوردند. ارتفاع لوله چنان بود که محور آن با مته در یک خط قرار می‌گرفت. متهٔ مورداستفاده از نوع تخت بود که در سر یک میلهٔ افقی محکم شده بود. این میله را یا با وسیله‌ای که با دست می‌گردید و یا با ابزار قفسی، آسیاب و یا اسب‌گرد می‌گردانیدند. دستگاه سیم جمعکن حرکت به جلوی آن را تأمین می‌کرد. این مته سوراخ اولیه را ایجاد می‌کرد، آنگاه مته را با یک یا چند برقو عوض می‌کردند تا کار تکمیل شود.

با شروع سال ۱۷۱۳ شخصی با نام ژان ماریتس[1] اهل سویس دستگاهی ساخت که به‌طور عمودی لوله را سوراخ می‌کرد. این ماشینی که در آنسیکلوپدی دیدرو تصویر شده است، مطمئناً اختراع خود او نبود. فشاری که لازم بود ابزار روی فلز وارد آورد با وزن توپ تأمین می‌شد. وزن توپ را با پارسنگی متوازن می‌ساختند تا ابزار یا میلهٔ حائل آن نشکند (شکل ۵۴).

مدتها این کار بدین نحو انجام می‌گرفت، چنانکه گابریل ژار[2] در سفرنامهٔ خود (سالهای ۱۷۵۷ ـ ۱۷۶۹) برای دیدن چند مؤسسه بزرگ فلزکاری اروپا می‌نویسد: روشهای مته‌کاری و برقوزنی بسیار شبیه گذشته بودند. او چنین می‌نگارد: «در روش مرسوم در مته‌کاری در شهر موس[3]،

1. J. Maritz 2. G. Jars

۳. Moss شهر بندری در نروژ، کنار دریای شمال.



شکل ۵۴.دستگاه مته‌کاری و برقوزدن عمودی لوله‌های توپ (Encyclopédie).

توپها را در قالبهایی می‌ریزند که ماهیچه‌ای در آن گذاشته‌اند به‌طوری‌که بیش از دو یا سه خط (هر خط برابر ۲۷/۱۲ میلیمتر) برای برقوزنی باقی نمی‌ماند. دستگاهی که برای این کار مورداستفاده است که درگذشته آن را شرح داده‌ایم. این دستگاه عمودی عمل می‌کند، یعنی با کمک اهرمها و زنجیرهای آهنی توپ را در این راستا نگاه داشته‌اند. توپ با وزن خود، با تکیه روی تیغ مته، برقو زده می‌شود. تیغ مته را یک چرخه و یک ماردون می‌گردانند که آنها نیز به‌واسطهٔ یک چرخ بزرگ آبی گردش می‌کنند.»

روشن است کاری که بدین‌ترتیب انجام می‌گیرد، چه بوسیلهٔ این دستگاه باشد یا دستگاههای دیگری که درگذشته از آنها نام بردیم دارای دقت کافی نیست، زیرا چیزی مانع انحراف تیغ مته نمی‌شود. با این همه از حدود سال ۱۷۳۰ ژان ماریتس دستگاهی اختراع کرد که افقی مته می‌کرد، قطعه‌ای که می‌بایست مته می‌شد روی آن در مقابل تیغه ثابت مته می‌گردید؛ بدین‌ترتیب انحراف در کار بسیار کمتر از بقیه دستگاهها بود. این روش که در ابتدا اهمیتی به آن داده نشد، بعداً رواج یافت. ماریتس و پسر او ادارهٔ کارخانه‌های توپ‌سازی فرانسه را عملاً در دست گرفتند.

در قسمت برقوزنی توپها نیز نخست دستگاه جان ویلکینسون[1] مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه بعدها بمنظور برقوزدن سیلندرهای ماشین بخار با دقتی که برای حداکثر جفت و جذب بودن لازم بود، تکمیل شد. لزوم ریخته‌گری مجدد توپهای قدیمی شکسته یا توپهای معیوب منجر به‌ساختن ماشین ساده‌ای شد که می‌توانست در یک روز توپی را به سه یا چهار قطعه، به‌تناسب بزرگی قطر آن، تقسیم کند و آن را چنین شرح می‌دهند:

«این دستگاه از یک چرخ دندانه‌دار کوچک و پایه‌ای به قطر چرخدنده، از آهن چکشکاری شده، تشکیل شده است و همه دندانه‌ها از فولاد می‌باشند. این دستگاه به میلهٔ آهنی طویل و کلفت مهار شده است. این میله یک سر ثابت دارد و سر دیگر آن در ناف محوری از چرخ فرو رفته است. در طرف مقابل و در همان جهت دستگاه دیگری قرار دارد که توپ را در همان راستا نگاه می‌دارد. تنها یک کارگر همهٔ عملیات را انجام می‌دهد. کارگر بخشی از توپ را که می‌خواهد ببرد، روی چرخ دندانه‌دار قرار می‌دهد. آن‌گاه چرخ بزرگ هیدرولیکی را به‌کار می‌اندازد و همین‌که شروع به گردش کرد، توپ را بتدریج پایین می‌آورد تا کاملاً بریده شود و برش، هر چند قطعه‌ای که باید بریده شوند؛ بدین ترتیب با گذاشتن روی دندانه انجام می‌گیرد.»

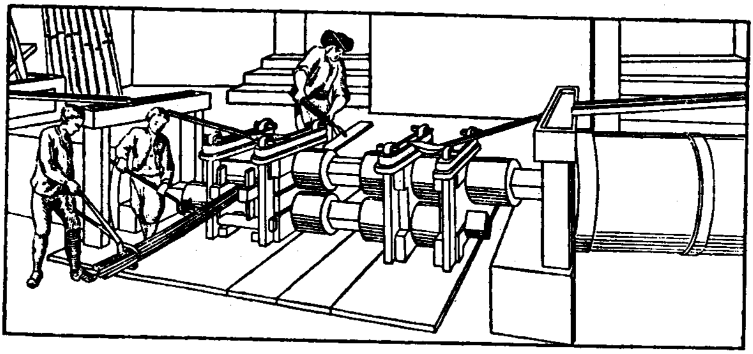
برای ساختن لولهٔ تفنگ، ورقه‌های گرم از آهن چکشکاری شده را نورد می‌کنند. برای اینکه این ورقه‌ها دارای ضخامت مورد نظر شوند، با همان نحو که یک قطعهٔ چوبی را روی یک رندهٔ مکانیکی می‌رندیدند، عمل می‌کردند. دستگاهی که برای این کار ساخته شده بود، در سال ۱۷۱۶ بوسیله ویلونها[2] توصیف شده است.

در چند سطر بالاتر اشاره‌ای به دستگاه برقوی جان ویلکینسون شد. این دستگاهی بود که افقی کار می‌کرد. طرح و طرز کارکردن آن در دفتر ثبت اختراعات به تاریخ ۲۷ ژانویه ۱۷۷۴ آمده است و بر اصولی کاملاً متفاوت پایه‌گذاری شده‌اند. اختراع آن از دورانی است که مکانیسین‌ها رفته‌رفته با روشهای سنتی اجداد خود قطع رابطه می‌کردند و با وسایلی که به ارث برده بودند، ماشین ـ ابزار جدید را می‌ساختند.

تجهیزات مکانیکی صنایع کوچک: صنایع متعدد و نسبتاً ساده‌ای از طریق ماشینی ساختن روزافزون وسایل کار خود، مقدار تولید خود را بالا بردند.

شکافت‌گری و سیم‌سازی: در شکافت‌گری و سیم‌سازی از دیرباز ـ لااقل از سالهای نخستین سدهٔ هجدهم ـ از تکنیکهای نوردکاری استفاده می‌شد. در یک کارگاه شکافت‌گری، مفتول آهن به تسمه‌های کم‌ضخامتی تبدیل می‌شد و سپس با گذشتن از میان غلتکهایی دارای اشکال مناسب،

1. J. Wilkinson 2. Villon

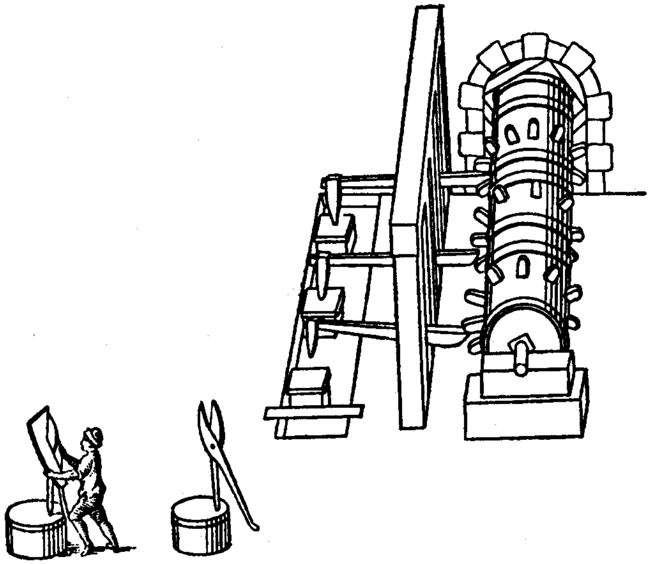


شکل ۵۵.کارگاه شکافت‌گری (Encyclopédie)

شکافته می‌گردید (شکل ۵۵). این عملیات به کمک یک ردیف غلتکهای دوتایی که بر محورهای مشابهی سوار هستند، انجام می‌گرفت. نیروی محرکهٔ این دستگاه نیز از اسب‌گرد (مانژ) یا چرخ هیدرولیک به‌دست می‌آمد. فاصلهٔ محورهای سیلندرها برای هر جفت غلتک ثابت بود و از یک جفت به جفت دیگر کاهش می‌یافت. مفتولهای آهنی را درکوره تا حد سرخ‌شدن، گرم می‌کردند و به ترتیب از میان غلتکهای جفتی می‌گذراندند. جفت آخری دارای غلتکی با لبهٔ برنده بود. مفتولهای نازکی را که بریده می‌شدند با انبر و قلابی جمع‌آوری و دسته می‌کردند.

سیم‌سازی مسی تجهیزاتی مخصوص سنتی خود و خصلتی داشت. تسمه‌های مسین با برنجین تا پایان سدهٔ هجدهم فقط از طریق چکشکاری ساخته می‌شدند. تنها اصلاحی که انجام گرفت، تعویض چکشهای کوچک و چکشهای یکپارچه با چکشهای مکانیکی چندتایی بود. شکی نیست که در سدهٔ شانزدهم حتی این چکشهای کوچک را با دست به‌کار می‌بردند، در آغاز سدهٔ هجدهم ردیفی از دو چکش مکانیکی می‌توانست شش چکش را همزمان فعال سازد. چنانچه شکل ۵۶ با شکل ۴۷ که برای ساخت لنگر است مقایسه شود، معلوم می‌شود که شکل آنها مختلف بوده و هر یک مناسب با وظیفه‌ای که برعهده دارند، ساخته شده‌اند. ورقهای مس را با قیچهای بزرگی که روی دستگاه به‌طور عمودی ثابت نگاه داشته شده‌اند، به‌شکل تسمه می‌بریدند (شکل ۵۶). این قیچیها در همهٔ کارگاههایی که ورقهای روی یا آهن می‌بایست قیچی شوند، دیده می‌شد. این قیچی بزرگ با کمک اهرمی که چندین نفر آن را حرکت می‌دادند، عمل می‌کرد (شکل ۵۷).

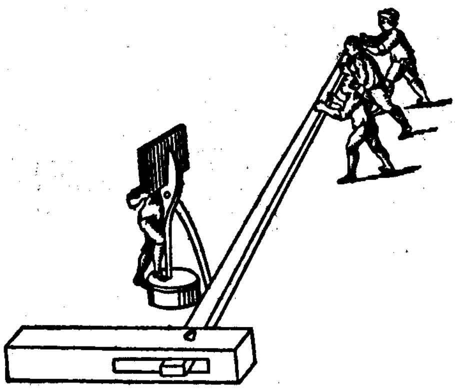
سیم‌سازی به‌معنای دقیق کلمه با عنوان مفتولهایی که در اثر گرما نرم شده بودند، از میان یک



شکل ۵۶.کارگاه چکشکاری و شکافت‌گری مس (Encyclopédie)

ردیف حدیده عملی می‌شد. همین‌که سر سیم از حدیده بیرون می‌آمد کارگری آن را با انبردست می‌گرفت و بیرون می‌کشید.

گرچه در این عملیات ماشینیسم به نیروی ماهیچهٔ کارگر کمک کمی می‌کرد، اما پیشرفتهای انجام‌گرفته در ماشینهای مرسوم را نمی‌توان نادیده گرفت؛ مثلاً استفاده از اسب‌گرد، چرخهای



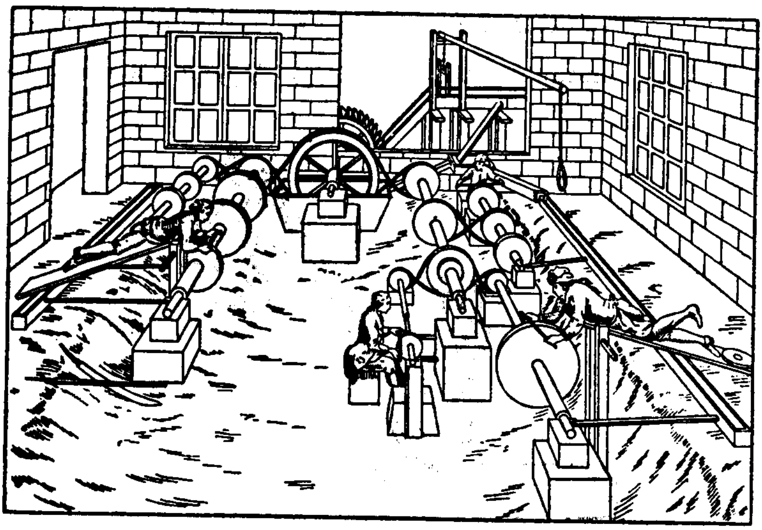
شکل ۵۷.قیچی برای بریدن ورق مس (Encyclopédie).

هیدرولیک، ردیف هاونها، پتکهای سقوطی، چکشهای مکانیکی که در این فصل یا در فصول بعد تصویر شده‌اند و به‌طورکلی ساختن «آسیاب» ها که مرکز حیاتی تقریباً همهٔ کارگاهها را در سدهٔ هجدهم و سده‌های پیش از آن تشکیل می‌داد برای درک راه طی شده، کفایت می‌کند. چنین حس می‌شود که این پیشرفتها، که نتیجهٔ بهترین گزینش مصالح و نیز تجربهٔ فراوان کارخانه‌داران است، در اثر افزایش تولید و لزوم بالابردن بازده ناگزیر شده‌اند.

سنگهای آسیا: در بسیاری ازکارگاههای مخصوص تولید قطعات کوچک، ابزارهای دستی رفته‌رفته مکانیکی شدند؛ اما امکان ترسیم مراحل این تغییر شکل وجود ندارد. چنانچه نمونه‌هایی از این نوع وسایل در نوشته‌های سدهٔ شانزدهم و هفدهم بیابند، روش به‌حرکت درآوردن آنها به‌واسطهٔ ماشین، زیاد روشن نیست. معذلک می‌توان پذیرفت که این کار بتدریج راه کمال را پیموده است و نتایج آن به‌اندازهٔ کافی رضایتبخش بوده است که رواج عمومی یافته‌اند.

با دقت درکار سازندگان تیغه‌های شمشیر یا پرداخت‌کنندگان شیشه می‌توان درک کرد که این مکانیکی شدن اولیهٔ ابزارآلات چه راهی را پیموده است. اینها شعباتی از تولید، هستند که هر افزایش بازده در آن سودش به‌آسانی دیده می‌شود.

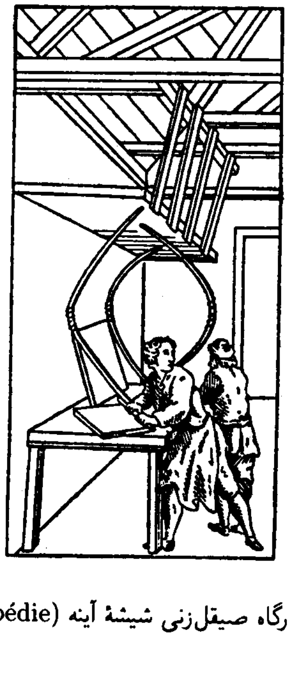
درکارگاه شمشیرسازی گردش فسان (سنگ سنباده) دیگر با دست و با پا نبود (شکل ۵۸)؛ بلکه یک چرخ هیدرولیکی نیروی محرکهٔ لازم برای گرداندن آن را تأمین می‌کرد و این نیرو با واسطهٔ



شکل ۵۸. دستگاه تیزکردن (Encyclopédie).

میله‌ای که چند فلکهٔ حامل سنگ سنباده به آن محکم شده بودند، اعمال می‌شد. ترکیب قطرهای مختلف امکان می‌داد که با استفاده از گردش فلکه‌ها سرعت لازم برای گردش سنباده‌های مختلف به‌دست آید. بعضی از این قطعات: سنگ سنباده و فلکه‌ها را می‌توانستند تعویض کنند تا دامنهٔ ترکیبهای ممکن، گسترده‌تر شود.

پرداختکاری و دستگاههای پرداخت: صیقل‌زدن شیشه‌های آینه، انرژی زیادی نمی‌طلبد، اما کاری زمانگیر و با قاعده است. مثلاً فشاری که باید بر روی قرقره‌ها و چرخها وارد آید با یک نوع کمان کشیده شده، اعمال می‌شد (شکل ۵۹)، نظیر فشاری که در چرخهای خراطی وارد می‌شود که در آینده به آن خواهیم پرداخت. سر بالای کمان (که در حالت ایستاده است) به سقف اتکا داشت و سر دیگر آن به چرخ سنباده. طول کمان طوری انتخاب می‌شد که سفت و کشیده قرار گیرد و روی آلت پرداخت فشار زیادی وارد آورد. کارگر فقط باید آلت را مرتب روی صفحهٔ آینه، که به میز کار بسته شده بود، بگرداند. همین وسایل و ابزار بودند که رونق کار و تکثیر کارگاههای شیشه‌گری را سبب شدند.



شکل ۵۹. کارگاه صیقل‌زنی شیشهٔ آینه (Encyclopédie).

اما چندی نگذشت که طرح اولیه و ساخت دستگاههای پیچیده‌تر پرداخت، آغاز شد. این دستگاهها به‌طور خودکار سطوح بزرگی از شیشه را صیقل می‌زدند. در صفحهٔ ۲۸۰ دیدیم که تجهیزات این کارگاهها در حد تجهیزات کارگاههای فلزکاری سدهٔ هجدهم بود. کارگاههای صافکاری که قسمتی از این کارخانه‌ها بودند، می‌بایست از همان پیشرفت تکنیکی برخوردار باشند که در آن منابع مکانیکی زمان با هوشمندی فراوانی به‌کار گرفته شده بود. دستگاه بزرگ پرداخت در سن ایلدفونسو[1] نمونهٔ بسیار جالبی است. (شکل ۶۰)

پرس برش و پرس شاهنگی: ضرب مسکوک بنوبهٔ خود انگیزهٔ اختراع دستگاههای متعددی شد که برای شکل‌دهی فلزات به‌کار می‌رفتند. تا اواسط سدهٔ شانزدهم، ضرب سکه با دست و بوسیلهٔ چکش انجام می‌گرفت و در سال ۱۵۵۰ بود که هانری دوم از زرگری در اوگسبورک با نام مارکس شواب[2] سه دستگاه مورد نیاز کارهای مکانیکی خود را خرید: غلتکی برای صاف‌کردن ورقهای فلزی، این کار درگذشته روی سندان انجام می‌گرفت؛ دستگاه برش (نوعی ابزار منگنه‌کاری) و یک پرس شاهنگی برای ضرب سکه.

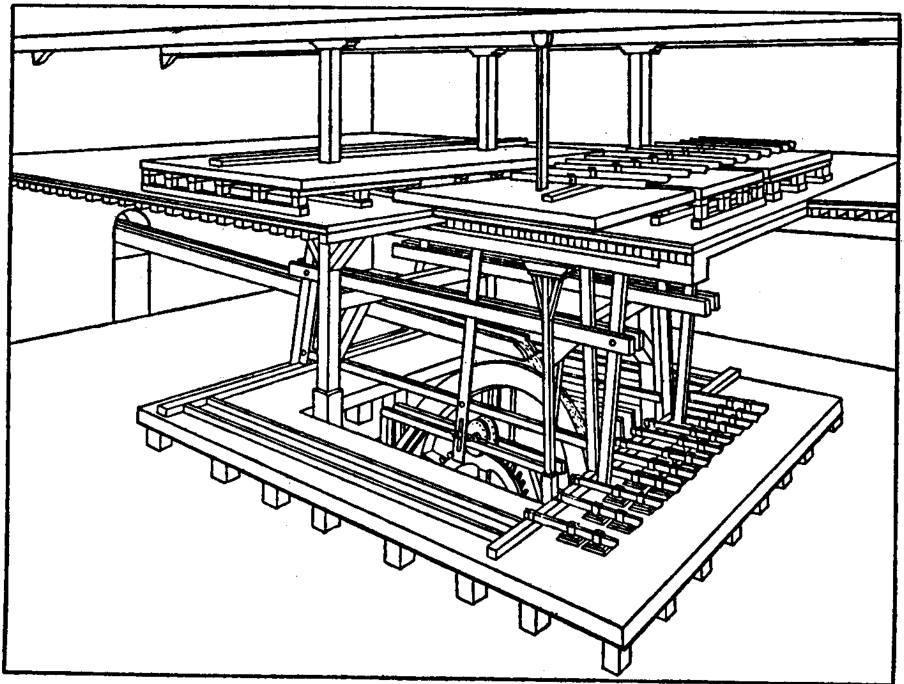
طرح یک پرس برش همان طرح غلتکی است که در دست‌نبشت لئوناردو، پیش از شواب، در آغاز سدهٔ شانزدهم آمده است و نبونوتوچلینی بوسیلهٔ یک پرس شاهنگی که قطر پیچ آن حدود ۶۰ میلیمتر بود (به‌طوری‌که در کتاب *Trattato dell' oreficeria* خود آورده است) مدالهایی ضرب می‌کرد.

برای اینکه از بهای تمام‌شده چنین کاری، تخمینی زده باشیم، بد نیست تذکر دهیم که گابریل ژار در سال ۱۷۵۸ زمانی‌که از ضرب سکه در شهر کرمنیتس[3] مجارستان دیدار می‌کرد نوشت: پرس شاهنگی دو دستهٔ هشت نفری کارگر لازم دارد تا هر دسته در ربع ساعت بتواند یازده سکهٔ دو فلورنی در دقیقه ضرب کند.

ماشینهای سبک: تجهیزاتی از این نوع صرفه‌جویی در وقت لازم برای تولید قطعات کم‌ارزش و بازیچه را امکانپذیر ساختند. آنچه که درگذشته گفته شد، نشان می‌دهد که مکانیزه‌کردن کار نورد و سنبه ماتریسکاری قطعات نازک، سوراخکاری، قالبزنی در حالت گرم و برش با چه وسایلی ممکن شد. شایسته نیست که در اینجا از ماشین ـ ابزار به‌عنوان ابزارهای کوچکی که از آغاز سدهٔ هجدهم، سرنوشت و شهرت مؤسسات بیرمنگام در گرو آن بود، گفت‌وگو کنیم. با این همه در این قسمت نیز مکانیک با هوشمندی زیاد برای کم کردن مدت کار و تلاش و اجرای هر عمل مورد استفاده قرار

۱. Saint-Ildefonso شهرکی در کاستیل قدیم، اسپانیا.

2. Marx Schwal 3. Cremnitz



شکل ۶۰.دستگاه بزرگ صیقل‌زنی شیشهٔ آینه سن ایلدفونسو (Encyclopédie). این دستگاه دو طبقه داشت که شیشه‌ها روی آن دو برای صیقل‌زنی افقی قرار داده می‌شدند. آلتهای پرداخت در طبقهٔ پایین، کاملاً نمایان می‌باشند، روی قابی محکم شده‌اند که بوسیلهٔ سیستمی از اهرمها حرکت رفت و برگشتی دارند. خود اهرمها را دستهٔ یک دندهٔ واسطه ماردونی حرکت می‌دهد. همهٔ دستگاه را چرخ پره‌داری حرکت می‌دهد.

گرفته شده است. نوعی تقسیم‌بندی اکید کار، موجب می‌شد که این ابزارها بیشترین بازده را داشته باشند. ساخت زنجیرهای ظریف فولادی و دگمه در چنین کارگاهی، حدود میانهٔ سدهٔ هجدهم نمونهٔ مشخصی از نخستین روشهای تولید سری است. گابریل ژار چنین می‌نویسد:

«همه قطعات کم‌بها تقریباً یک‌طور تولید می‌شدند و برای تولید آنها از یک نوع دستگاه استفاده می‌شد. مثلاً برای ساختن زنجیرهای فولادی، هر قسمت زنجیر سنبه‌کاری می‌شد. اما چنانچه سنبه‌ای که برای این کار مورداستفاده قرار می‌گرفت دارای کنده‌کاری بود، مانند سنبهٔ ضرب سکه، این کار خیلی گران تمام می‌شد و از روش زیر استفاده می‌کردند:

«برای هر طرح تازه فقط یک ماتریس (قالب) نقش داده می‌شد. این ماتریس نقشی برجسته داشت نه گود و تو رفته. این ماتریسها با دقت زیاد ساخته و بخوبی آبداده می‌شدند، برای ساختن

همه سنبه‌های جدید ضرب سکه به‌کار می‌رفتند. برای ضرب سکه، یک تکه فولاد کاملاً قرمز را می‌گرفتند و طرح روی سینه را بر آن می‌کوبیدند. سپس مسکوک را آب می‌دادند. این کار آن‌قدر ادامه می‌یافت تا سنبه بشکند یا نقش آن محو گردد. آنگاه بوسیلهٔ ماتریس نخستین سنبهٔ نوی می‌ساختند، بنابراین ماتریس نخست، همیشه به‌کار می‌رفت.»

«فولادی که از آن برای تهیهٔ زنجیر استفاده می‌شد، با گذرانیدن بین دو غلتک صاف می‌گردید، سپس طرح روی سنبه برآن مهر می‌شد. بعد از این کار آن‌را به کارگر دیگری رد می‌کردند تا با پرس شاهنگی کم‌وبیش قوی مخصوص این کار، سکه را یکی‌یکی از ورق جدا سازد.»

«سوراخهای موجود در طرح اولیه، هر یک مطابق شکل خود یا منگنه ایجاد می‌شد. سپس قسمت بیرونی هر سکه را، برای از بین بردن تیزیها، سوهان می‌زدند. بالاخره همه این قطعات کوچک یکجا آبداده می‌شد. تنها کاری که می‌ماند پرداخت آنها بود.»

«پرداخت نخست با دستگاه فرچه، با روغن و سنباده برای لبه‌های گرد انجام می‌گرفت. برای اینکه این کار سریعتر و با دست آسانتر انجام گیرد، کودکانی همهٔ قطعات کوچک و یک‌اندازه را در سیم کلفتی به‌شکل دانهٔ تسبیح سوار می‌کردند و قطعات درشت را روی دو قطعه سیم ردیف می‌کردند و با به‌هم آوردن آن دو قطعه سیم، آنها را در جای خود محکم نگاه می‌داشتند. در این حالت آنها را به دختران یا زنها می‌دادند که در برابر فرچه آن‌قدر نگاهدارند تا بقدر کافی پرداخت شوند. اما سطوح صاف آنها بوسیله کودکان، با گرفتن روی چرخ سنبادهٔ افقی پرداخت می‌شد.»

«این چرخهای سنباده بوسیلهٔ جریان آب می‌گردیدند. در هر کارگاهی شش تا هشت چرخ سنباده بود که آنها را به‌طور دایره‌ای کار گذاشته بودند. برای هر چرخ سنباده یک پسربچه بود و برای اینکه پسرها بتوانند قطعات پرداخت‌شونده را در دست خود بگیرند، قطعات چوبی گود، طبق اندازه در دست داشتند. چون هر پسربچه متصدی پرداخت قطعات با اندازهٔ معین بود، کار پرداخت سریع انجام می‌گرفت. دگمه‌های موجدار روی همین چرخ سنباده‌ها و به‌همین شکل پرداخت می‌شدند. در آخر کار، قطعات را برای صیقل نهایی سطوح صاف به کارگاه دیگری می‌بردند. برای این کار از تخته‌ای چوبی به طول هشت تا ده و عرض هفت تا هشت اینچ، که سطح آن با نوعی قطران پوشیده شده بود، استفاده می‌کردند. پسربچه‌ای این تختهٔ قطران مالیده را مقابل آتش می‌گرفت، قطعات فولادی را روی آن می‌گذاشت، ته آنها در قطران می‌چسبید و آنها را هر اندازه که می‌توانست نزدیک به یکدیگر قرار می‌داد. پس از این کارها، زنان کمی خاک روی آنها می‌ریختند و با هر دو دست آنها را آن‌قدر می‌مالیدند که قطعات کاملاً براق می‌شدند.»

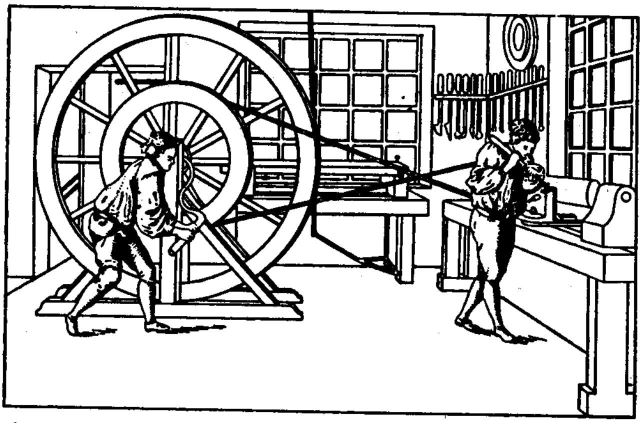
به‌سوی ابزارهای دقیق

ایجاد مکانیک دقیق و واقعی نتیجهٔ انحرافات شگفت‌انگیزی از مسیر عادی بود. می‌توان ریشه‌های این مکانیک را در نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم و کوششهایی که درپی آن انجام گرفت؛ کوششهایی که نخست ناآگاهانه، و طی دو سده برخاسته از دو رده اشتغالات بود که هدفهای آنها تنها در نیمهٔ دوم سدهٔ نوزدهم یکی شدند.

اختراع ابزارهای مرکب اپتیک، عدسیهای اخترشناسی، میکروسکوپ وکمی پس از آن تلسکوپ انعکاسی نتایج گوناگونی به‌بار آوردند. درکتاب *L'Histoire générale des sciences* می‌توان دید که چگونه دانش علمی در هر دو قسمت اپتیک نظری و تعمیم روشهای تجربی سود برده است. در همان زمان، کارکنان اپتیک از روشهای مکانیکی وقت و بخصوص از چرخهای خراطی برای هدفهای خود استفاده می‌کردند. پس از آنها سازندگان وسایل اخترشناسی و مساحی صنعت خود را به‌پیش بردند و ابزارهایی بیش از پیش دقیق ساختند که نه‌تنها مورد استفادهٔ دانشمندان بود بلکه گروههای دیگری نیز، مثلاً دریانوردان و توپوگرافها نیز از آن سود می‌بردند. این کارکنان بعضی دستگاههایی را که ساعت‌سازها به‌کار می‌بردند، مورداستفاده قرار دادند و آن را تکامل بخشیدند؛ بدین‌ترتیب بود که دستگاه تقسیم‌کننده و تراشندهٔ دندانه‌ها در چرخ دنده، کاربردی عمومی یافت.

این فعالیتها همگی در جهت اختراع وسایل لازم برای ساختن قطعات جدید و ناشناخته بودند. مع‌ذلک مهندسینی که در تأسیسات هیدرولیکی و ساختن آسیاب یا آسیابهای بادی کار می‌کردند نیز در فکر یافتن راههایی برای افزایش بازده ماشینهایی بودند که برای بهتر کردن قسمتهای انتقال حرکت طرح شده بودند، بدین‌ترتیب مسألهٔ شکل دندانه‌ها مطرح شد. این مشکل که از نظر تئوری در پایان سدهٔ هفدهم حل شده بود، حل عملی خود را یک سده و نیم بعد به‌دست آورد. در آن زمان امکان ایجاد نخستین ماشین ـ ابزارهای از نوع جدید وجود داشت. این ماشینها که نخست برای تراشکاری قطعات بزرگ طرحریزی شده بودند، بتدریج برای تولید قطعات کوچک دقیق به‌کار گرفته می‌شدند. در مرحلهٔ نخست آنها به‌نیازهای ساختمان ماشینهای بخار و صنایع بزرگ متالورژی که کم‌وبیش نتیجهٔ توسعهٔ رواج این ماشینها بودند، پاسخ می‌دادند. بعدها زمانی‌که برخی محصولات، مثلاً موتورهای درونسوز و یا سلاحهای با تیراندازی سریع رواج یافتند، آنها به ابزارهای کمکی لازم برای تراشکاریهای بیش از پیش دقیق، تبدیل شدند.

برای اینکه حدود زمانی این جلد رعایت شده باشد، تنها نخستین مرحلهٔ این تحول را در اینجا بررسی می‌کنیم.



شکل ۶۱. دستگاه تراش با گردش پیوسته (Encyclopédie méthodique). دستگاه بالا نسبت به نخستین دستگاه مشابه خود در سدهٔ شانزدهم تنها یک اصلاح دارد. چرخ دوگانه جانبی سبب می‌شود که دستگاه دارای دو سرعت متفاوت تراش باشد. در برابر پنجره روبه‌رو یک دستگاه تراش با ترکهٔ انعطاف‌پذیر دیده می‌شود.

تحولات دستگاههای تراشکاری اولیه: نمی‌توان به‌طور قاطع گفت که دستگاه تراشکاری قدیمیترین ماشین ابزار شناخته شده است. از ابتدای پیدایش این دستگاه، که بدون شک به گذشته‌های بسیار دور برمی‌گردد تا زمان اختراع دستگاههایی که برای ساعتها و تراش امرود (ناظم کشش فنر اصلی ساعت) و آونگها ساخته شده‌اند، تنها تکیه‌گاههای متحرکی بودند، که قطعه‌ای را که بایست روی آن کار می‌شد، با خود می‌جنبانیدند؛ این ابزار را کارگر همیشه در دست خود نگاه می‌داشت.

تا اواسط قرون وسطی، دستگاه تراش نخست نوعی لولای ساده بود که با حرکتی متناوب بوسیلهٔ کمان کوچکی و یک ریسمان، بوسیله کارگری عمل می‌کرد. لولا همان ابزاری بود که باید بتراشد. دستگاه تراشی این چنین را تمثالهای مقدسی تقریباً از همه تمدنهای سدهٔ نخست شرق و حوضهٔ مدیترانه گواهی می‌کنند.

شکلهای دستگاههای تراش مربوط به‌حدود سدهٔ سیزدهم در اختیار ماست، نشان می‌دهد که مشابه همان دستگاههایی می‌باشند که تا سدهٔ نوزدهم برای کارکردن روی چوب، عاج و گاهی هم فلزات نرمی همچون قلع از آنها استفاده می‌شد. این دستگاهها شامل یک میز افقی با پایه‌های عمودی بود و قطعه‌ای را که قرار بود تراشیده شود بین دو مرکز آن محکم می‌کردند (شکل ۶۱). این دستگاه به‌طور افقی گذاشته می‌شد و ارتفاع آن چنان بود که کارگر به‌حالت ایستاده کنار آن کار

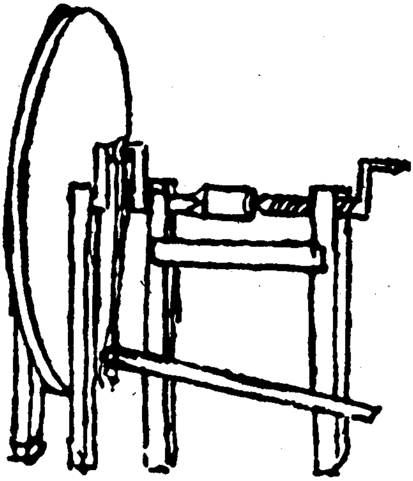
می‌کرد؛ و حال‌آنکه با دستگاههای دورانهای پیشتر، ناچار بود، چمباتمه زند. این کارگر مجهز بوسیلهٔ کشنده‌ای بود تا دستان او برای نگهداری ابزارش آزاد باشد. این وسیله ترکه‌ای انعطاف‌پذیر بود که یک سر آن به سقف کارگاه تکیه داشت و به سر دیگر این ترکهٔ ریسمانی از کتان یا زه روده بسته می‌شد که با یک گره خفتی، قطعه‌ای را که باید تراشیده شود، می‌گرفت و متصل به رکابی می‌شد که در پایین و نزدیک کف زمین قرار داشت. یک حرکت سادهٔ پای کارگر می‌توانست قطعهٔ مورد تراش را بگرداند. لیکن این یک حرکت متناوب بود که در هر دو حرکت یک بار با قطعه، تماس می‌یافت و قطعات بزرگ را نمی‌توانست بگرداند.

از اوایل سدهٔ شانزدهم وسایلی پدید می‌آیند که گردش پیوستهٔ قطعات بزرگتر و شاید هم قطعات فلزی را ممکن می‌سازند. یکی از این وسایل دارای یک چرخ بزرگ لنگدار است که در فاصلهٔ کمی، از دستگاه تراش و عمود بر آن کار گذاشته می‌شد. حلقه‌ای از طناب، شیار روی چرخ را دور می‌زد و دور شیار قرقره‌ای که روی محور دستگاه محکم شده بود، می‌پیچید (شکل ۶۱). در اینجا نیز لازم است که کمک کارگری چرخ لنگ را بگرداند. این دستگاه مناسب کارگاههای تراشکاری نسبتاً بزرگ بود که در فرصت کمی باید تولید فراوانی داشته باشند؛ و نیز برای درودگران، ارابه‌سازان و قلع‌کاران کارساز بود. این دستگاه تا اوایل سدهٔ نوزدهم به‌کار می‌رفت.

وسیلهٔ دیگری که برای این کار مورداستفاده قرار می‌گرفت، نوع تکامل یافته‌تر دستگاههای رکابی بود که در آن به‌جای ترکه خمپذیر، چرخ مفرغی سنگین و لنگی گذاشته بودند، که آن را می‌گردانید. این چرخ به سمت چپ بدنه وصل شده بود (شکل ۶۲). نیروی ماند (اینرسی) این چرخ به‌جای نیروی خمش ترکه برای بالابردن رکاب به‌کار می‌رفت. اما گردش آن پیوسته بود. این نوع دستگاه تراش مناسب اشخاص غیر حرفه‌ای و یا کسانی بود که کارهای ظریف نظیر شطرنج و غیره می‌ساختند.

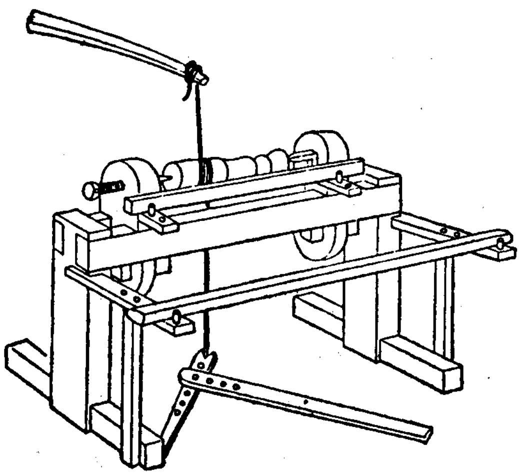
حدود اواسط سدهٔ شانزدهم، تراشکاری، هنری در سطح بالا تلقی شد که در محافل ثروتمندان همهٔ اروپا، از ممالک اسکاندیناوی تا شبه‌جزیرهٔ ایتالیا در سده‌های هفدهم و هجدهم از منزلت شایسته‌ای برخوردار بود.

دستگاههای تراش رکابی که دارای چرخ لنگ بودند، برای آیندهٔ مکانیک دقیق، دستاورد مهمی محسوب می‌شدند. همان‌طورکه خواهیم دید همین دستگاه است که تراش فلزات، بویژه فولاد را ممکن می‌سازد؛ و نیز همین دستگاه، تولید دستگاههای تراش با ابزار ثابت را ممکن ساخت، ابزار از کارگر جدا می‌باشد و بدلخواه می‌توان به آن فرمان داد.

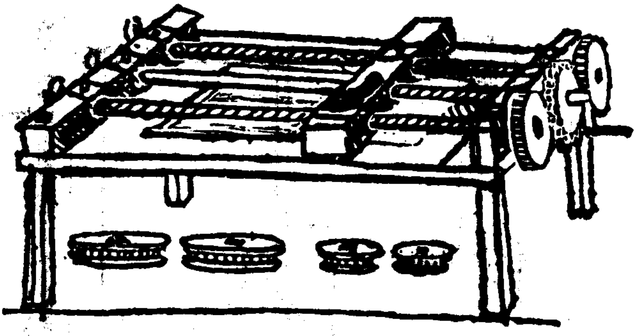


شکل ۶۲.دستگاه تراش رکابی با ماند چرخ لنگ (طرح لئوناردو).

پیچ‌تراشی با دستگاه تراش معمولی: مدتها برای تراش قطعات، ابزار تراش با دست گرفته می‌شد. حدود سدهٔ پانزدهم یا اواسط سدهٔ شانزدهم بود که نوعی سوپرت در کارآمد که آن را به‌طور افقی روی میز دستگاه نصب می‌کردند و کارگر می‌توانست ابزار تراش را روی آن محکم کند (شکل ۶۳). گویا برای تراش دنده‌های پیچ بود که ابزار را روی دستگاه ثابت کردند و با این ترتیب طرح نخستین



شکل ۶۳.دستگاه خراطی با سوپرت (Usher, A History of Mechanical Inventions).

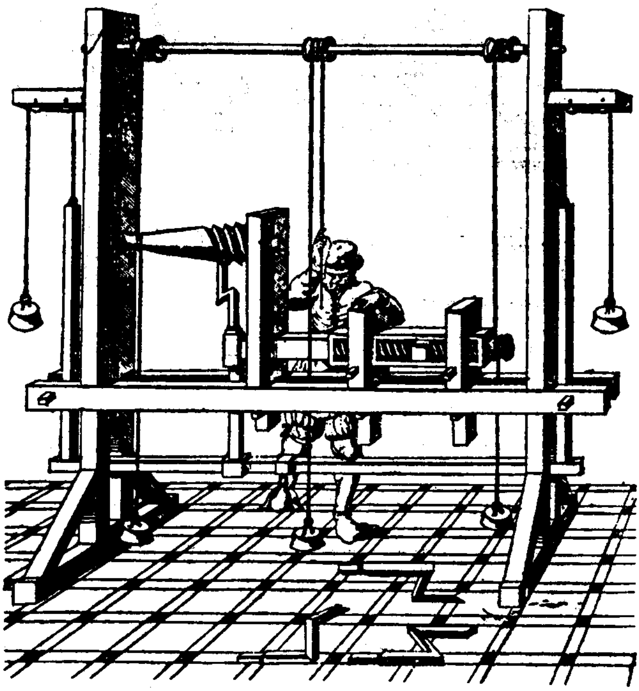


شکل ۶۴.دستگاه پیچ‌تراشی (دست‌نویس B لئوناردو).

یک ماشین ـ ابزار واقعی داده شد. کوششهای اولیه برای این کار ظاهراً به سدهٔ شانزدهم می‌رسد و چنین می‌نماید که تراشیدن دنده‌ها روی چوب موردنظر بوده است تا بدین‌وسیله از آن به‌عنوان پیچ مادر استفاده شود. طرحهای متعددی از این نوع دستگاهها در کارهای لئوناردو دیده می‌شود (شکل ۶۴)، که از آنها چنین برمی‌آید که دنده‌های مختلفی را توانسته‌اند با یک پیچ مادر بتراشند؛ و در کتاب ژاک بسون نیز از این طرحها زیاد دیده می‌شود (شکل ۶۵). انتهای نخستین میلهٔ مرغکها و پیچ‌تراشهای ثابت، روی دستگاههای دارای گردش پیوسته ایجاد شدند. در روی دستگاههای تراش ژاک بسون در کتابش با نام *Machinarum Teatrum* به سال ۱۵۷۸ پایهٔ سه نظام با حدیده‌های متحرک تشخیص داده می‌شود.

در سدهٔ هفدهم دستگاههای تراشکاری حرفه‌ای هنوز قادر به تراشیدن فولاد نبودند. آقای پ. پلومیه که کتاب مشهور خود را تحت عنوان: *L'art de tourner ou de faire en perfection toutes d'ouvrages au tour* در سال ۱۶۹۳ نوشته و در سال ۱۷۰۱ در لیون چاپ کرده است، چنین می‌نویسد که «با پشتکار درپی یافتن کارگرانی بوده است که بتوانند قطعات آهنی را بسرعت تراش دهند یا ببرند» و می‌افزاید: «اما طی جست‌وجوهای خود در همهٔ سفرهایم، تنها موفق به یافتن دو کارگر شایسته برای این کار شدم: یکی کارگر آلمانی مقیم روم بود با نام ایل زینور گیللمو[1] که درکارخانهٔ ضرب سکه اشتغال داشت و دیگری شخصی پاریسی با نام سیور پیر تایمار[2] که ریاضیدان بود و نام او با مهارتش بسیار تطبیق می‌کرد (نام او از ریشه tailler به‌معنای بریدن است) زیرا او بدون اینکه از قلاب یا چرخی استفاده کند تنها با پای و یک ترکه، یک اسکنه و یک دستگاه تراشکاری دارای دو مرغک، یا پایه سه نظام می‌تواند ورقهای بزرگ آهن یا فولاد را با همان

1. Il signor Guillelmo 2. P. Taillemars

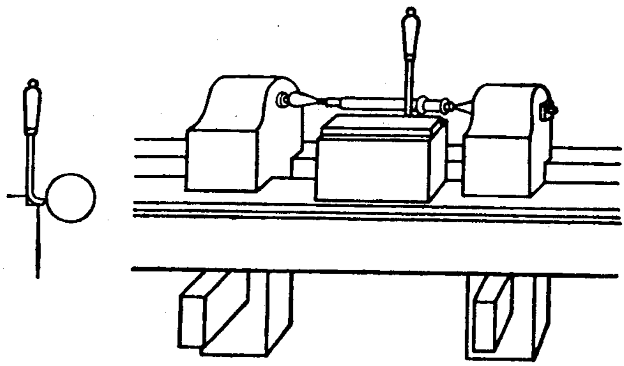


شکل ۶۵.دستگاه آماده پیچ‌تراشی (از ژاک بسون Théâtre des instruments mathématiques پیچ اصلی در مرکز دستگاه گذاشته شده است. این پیچ تیغ رنده را عمودی هدایت می‌کند و بدین ترتیب قطعه‌ای که در سمت راست کارگر است، تراشیده می‌شود. توجه کنید که موجد همهٔ حرکتها، از طریق وزن تأمین شده است. وزنه‌هایی که در دو انتهای دستگاه هستند از طریق میلهٔ پایینی، سبب می‌شوند که تیغ رنده بر روی کار فشار وارد سازد.

سرعتی ببرد که سیور موبوا[1]، تراشکار معروف شاه در لوور، عاج و آبنوس را می‌برید» (شکل ۶۶).

معذلک چنین می‌نماید که تراشکاری آهن بوسیلهٔ دستگاه از طریق تراش دنده‌های حلزونی شروع شد. آقای پلومیه در پایان سدهٔ هفدهم طریقهٔ تراشیدن دنده‌های پیچ را، که بی‌شبهه از چندین دهه پیش از او رسم بوده است، چنین شرح می‌دهد. برای این کار از یک دستگاه تراش بسیار کوچک مجهز به یک مرغک ثابت و یک مرغک متحرک و یک حامل تیغ است که با پیچ و مهره و یک مهرهٔ خروسکی روی میز دستگاه بسته شده‌اند. یک میلهٔ فلزی روی دو حدیده گذاشته شده است تا آزاد بگردد و انتهای این میله، قبلاً به قطر موردنظر تراشیده شده است. آنها می‌توانستند برای

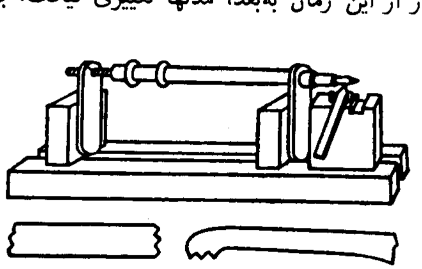
1. Maubois



شکل ۶۶.دستگاه تراش فولاد. سدهٔ هفدهم (پلومیهL'art de tourner).

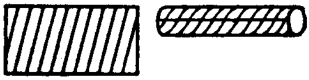
دنده‌تراشی از یک حدیدهٔ دوطرفه استفاده کنند، اما این راه معایبی داشت؛ زیرا غالباً از محور خود منحرف می‌شد. یک سدهٔ تمام لازم بود تا طریقهٔ دنده‌تراشی با حدیده به تکاملی رسد که در کتاب برزرون[1] تحت عنوان *Manual du tourneur* آمده است. این کتاب نخستین بار در سال ۱۷۹۲ به چاپ رسید. در زمانی‌که پلومیه می‌زیست، کارآزموده‌ترین تراشکاران از روش دیگری استفاده می‌کردند. آنان به یک سر میلهٔ فلزی، در نقطهٔ مقابل جسمی که باید تراشیده می‌شد، قلاویزی را که از پیش دنده شده بود، جوش می‌دادند؛ این قلاویز بین دو فک یک حدیدهٔ چوبی محکم می‌شد (شکل ۶۷). قلاویز گام دنده‌های خود را در حدیده می‌گذارد و همچون پیچ مادر عمل می‌کند. میله‌ای که باید دنده شود، نخست با یک قلم حکاکی یا کام‌کنی بسیار تیز دنده می‌شد، سپس کار را با سوهان، یا بهتر با شانه‌ای سه‌دنده تمام می‌کردند. فاصلهٔ دنده‌های شانه متناسب با گام پیچ موردنظر بود.

طریقهٔ ساختن پیچ مادر از این زمان به‌بعد، مدتها تغییری نیافت. بر روی کاغذی به‌شکل



شکل ۶۷.دستگاه تراش کوچک برای تراش پیچهای فولادی (پلومیه L'art de tourner).

1. Bergeron



شکل ۶۸.دنده‌های ترسیم شده برای تراشیدن پیچ اصلی.

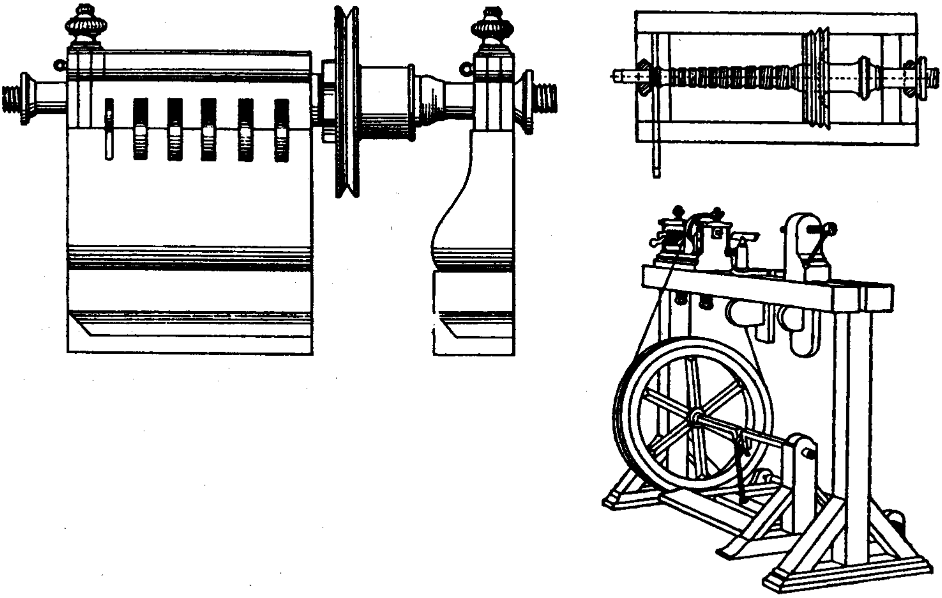
مستطیل خطوطی مایل به‌شکل دنده می‌کشیدند، سپس کاغذ را روی میله‌ای که باید دنده شود، می‌چسباندند (شکل ۶۸). مطابق این طرح، دنده‌ها را با یک سوهان تیز، بعد یک سوهان سه‌گوش و در آخر با شانهٔ فلزی روی میله ایجاد می‌کردند.

در نوشته‌های آقای پلومیه نوعی جعبهٔ کلید شرح داده شده است که اجازه می‌دهد با پیچهای مادر، پیچهایی با گامهای گوناگون تراشید. این وسیله که برای غیرحرفه‌ایها طرح شده بود، تا اواسط سدهٔ هجدهم مورداستفادهٔ حرفه‌ایها قرار نگرفت. جعبهٔ کلید مزبور روی دستگاه گذارده می‌شود و بخشی از میلهٔ محور را، که ردیفهای پیچ دارای گامهای مختلف تراشیده می‌شد، در خود می‌گرفت (شکل ۶۹). هر کلید به یک ردیف از پیچها مربوط می‌شد و تنها کافی بود که یکی از کلیدها را بالا ببرند تا اینکه میلهٔ محور دستگاه طبق گام دلخواه هدایت شود.

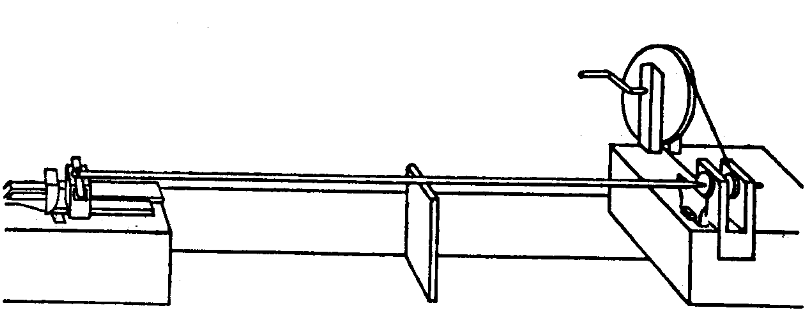
چرخهای عدسی تراشی: استفاده از عدسیهای کمک کننده به دید، از سدهٔ دوازدهم شناخته شده بود، اما دربارهٔ آغاز تراش این عدسیها اطلاعی در دست نیست. عدسیهای نجومی آن‌طور که نویسندگان مختلفی نظیر: راجر بیکن، لئوناردو دیگز، ژروم فراسکاتور[1]، جامباتیستا دلا پورتا[2] به صراحت یا اشاره گفته‌اند، تقریباً به‌طور همزمان در هلند و ایتالیا تراشیده شد. از سال ۱۶۰۸ اولین ابزارها را چند نفر عدسی‌تراش، آینه‌ساز یا مکانیسین قابل و اغلب خود دانشمندان به‌علت نیاز ساخته‌اند. چند سال بعد بین سالهای ۱۶۱۲ تا ۱۶۱۸ نخستین میکروسکوپهای مرکب ساخته شد. از همان سال ۱۶۲۵ کارگاهها در ساخت این ابزارهای جدید تخصص یافتند. یکی از کهنترین کارگاههای شناخته‌شده متعلق به یک عدسی تراش پاریسی به نام شوره[3] بود. کمی بعد دو عدسی تراش ایتالیایی با نامهای اوستاکیو دیوینی[4] و جوزپه کامپانی[5] در سراسر اروپا نامبردار شدند.

کسی که گویا نخستین دستگاه تراش عدسیهای کروی را اختراع کرد، کامپانی بود. این دستگاه یک چرخ تراش کوچک بود که بوسیله چرخی که وصل به آن بود، می‌گردید و دارای دو حدیدهٔ ثابت بود که بر روی بدنه‌ای محکم مستقر بودند (شکل ۷۰). شیشه‌ای که باید تراشیده می‌شد به نوک میلهٔ محور چسبانیده می‌شد و این یکی از نخستین و احتمالاً نخستین اجرای صفحه‌تراشی

1. Gérome Frascator 2. Giambattista della Porta 3. Chorez 4. Eustachio Divini
5. Giuseppe Campani



شکل ۶۹.جعبهٔ کلید برای پیچ‌تراشی، شمایی از میلهٔ محورکه حامل دنده‌هایی با گامهای مختلف است؛ مونتاژکردن آن روی دستگاه تراش (Holtzapffet, Turning and Mechanical Manipulation ۱۸۴۷)



شکل ۷۰.دستگاه تراش کامپانی برای تراشیدن عدسی، حدود سال ۱۶۶۴. ,Fougeroux de Bondaroy) Memoires de L' Académie des sciences,۱۷۶۴)

است. ابزار را در نوک یک چوب دراز افقی که دور زبانه‌ای در انتهای دیگر خود می‌گردد، می‌بندند. در حالی که شاگرد کارگر، لنگ را می‌گرداند عدسی‌تراش ابزار را روی صفحهٔ شیشه، که آن هم با سرعت می‌گردد حرکت می‌دهد.

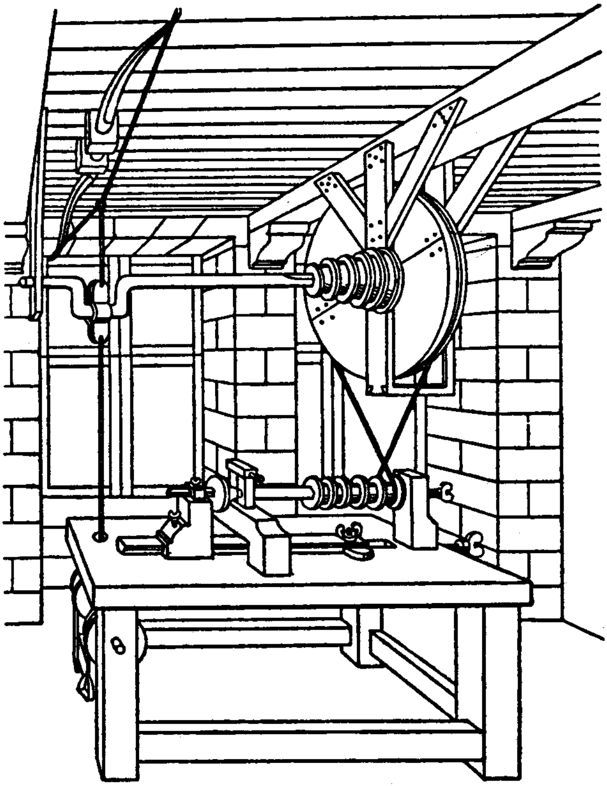
کشیش شروبن[1]، حدود سدهٔ دوازدهم در کتاب: La Dioptrique oculaire خود که در ۱۶۷۱ انتشار یافته است. دستگاههای گوناگونی از تراش را شرح داده است که آنها را برای تراشیدن شیشه دست‌کاری کرده بود. دستگاهی که در شکل ۷۱ تصویر شده است از جهات مختلفی بسیار جالب است. این دستگاه بوسیلهٔ کمان کوچکی که از سقف آویزان است، می‌گردد. میلهٔ لنگ حامل یک ردیف قرقره‌هایی است که به کمک آنها می‌توان سرعت گردش میلهٔ محور را تغییر داد. کارگر طرف چپ دستگاه قرار می‌گیرد و با کمک رکابی که در انتهای یک تسمهٔ پیچیده دور فلکه‌ای آویزان است آن را می‌گرداند. در مقابل او یک رنده‌بند است که روی یک محور منشوری می‌لغزد، وانگهی پیشروی ابزار را می‌توان با یک پیچ تنظیم کرد.

کاملاً نمایان است که چرخهای تراش عدسی این دوره نمی‌توانستند رضایتبخش باشند. بهترین شیشه‌ها با دست و با چرخکی دارای شکل خاص تراشیده می‌شد. با این همه آلات متعددی از چرخ تراش شروبن نسبت به زمان خود بسیار پیش‌افتاده بودند. همین آلات در سدهٔ هجدهم در دستگاههای تراش تزیینی، که تقریباً تنها غیر حرفه‌ایها از آن استفاده می‌کردند، دیده می‌شدند.

دستگاه تراش تزیینی و شکل تراشی: رواج دستگاههای تراش مخصوص غیرحرفه‌ایها در سده‌های هفدهم و هجدهم در اثر مهم آقای پلومیه تحت عنوان: *L'art de tourner ou de faire en perfection tautes sortes d'ouvrages au tour* که در ۱۷۰۱ انتشار یافت، منعکس است.

آقای پلومیه می‌نویسد: «روشن است که این هنر اکنون توجه و وقت بسیاری از اروپاییان هوشمند و شایسته را بخود مشغول داشته است و نیز برای کسانی‌که درپی یافتن تفریح و سرگرمی شرافتمندانه‌ای هستند تا از خطایایی که از حمق برمی‌خیزند، بپرهیزند از بهترین است. گوناگونی و ظرافت شگفت‌انگیز اشیاء چوبی، عاجی، طلایی، نقره‌ای، مسین و شمار زیاد دیگری از مواد که توسط تراشکاری بوسیلهٔ عدهٔ زیاد صنعتکاران ماهر این هنر در فرانسه، ایتالیا، انگلستان، آلمان ساخته شده‌اند حاکی است که در همهٔ این کشورها، تراشکاری دارای چنان مرتبهٔ والایی است که روشنفکرانی که مایل به کسب مهارت در این هنر نیستند و به‌آفرینش چیزهای جالبی که نشان‌دهندهٔ قابلیت آنهاست، علاقه‌ای نشان نمی‌دهند، بسیار

1. Chérubin



شکل ۷۱.دستگاه شروبن برای تراشیدن شیشه‌های کروی (P. Cherubin, La Dioptrique Oculaire).

کم هستند.» دستگاههای تراشکاری غیرحرفه‌ایها بخصوص در شروع سدهٔ هجدهم تکامل زیاد یافت.

در ۳۰ اوت ۱۷۱۹ آقای فیلیپ دو لاهیر[1] در آکادمی سلطنتی علوم (فرانسه) اظهار داشت: «نخست آن را گرد می‌تراشند سپس به‌شکل تخم‌مرغی درمی‌آورند و فقط در ایام اخیر است که روش تراشیدن اشکال زینتی را یافته‌اند.» و نیز کمی بعد در ۸ ژوئیه ۱۷۳۳ آقای لا کوندامین[2] چنین می‌نویسد: «دستگاه تراش از حدود یک سدهٔ پیش و بویژه در دوران ما دست‌خوش تحولات بزرگی شده است.»

مشهورترین دستگاههای تراش غیرحرفه‌ای، دستگاههای متعلق به امپراتور ماکسیمیلیان

1. P. de La Hire　2. La Condamine

(حدود ۵۱۰) است که عناصر اصلی آنها بدقت در گچبری موجود در اینسبروک[1] مشاهده می‌شود. بعد می‌توان از دستگاه کوچک تراش تزیینی متعلق به آلمان نام برد که کار استادانه‌ای از یک زرگر در حدود سال ۱۷۵۰ است و در ساینس میوزیم لندن نگاهداری می‌شود. در موزهٔ کنسرواتوار ملی پیشه و هنر واقع در پاریس دستگاه تراش شکلها، وجود دارد که همراه با تصاویر نارتوف می‌باشد؛ این دستگاه را پطرکبیر پس از سفر خود به فرانسه، در ۱۷۱۷ به اونس ـ آن ـ بری[2] تقدیم کرده است و نیز دستگاه تراشی که برای لویی شانزدهم ساخته شده بود، حکاکی زیر را با خود دارد: «این دستگاه بوسیلهٔ ی. ت. مرکلاین[3]، ساکسونی، مکانیسین انبار اثاثهٔ شاهانه در پاریس، در سال ۱۷۸۰ ساخته شده است.»

اگر دستگاه تراش حرفه‌ایها، دستگاههای ساده‌ای بودند که فقط برای گردتراشی به‌کار می‌رفتند، دستگاههای تراش غیرحرفه‌ایها، دستگاههای شکلتراش یا ترکیبی بودند که شامل دستگاههای شکلتراش یا حاشیه تزیینی (پیچ زیرو رو) بودند، که ما در بالا از آن سخن گفته‌ایم.

دستگاه تراش حاشیه تزیینی (guillochis که آن را حاشیه تزیینی یا پیچ زیرو رو ترجمه کرده‌اند از نام کارگر مخترع آن Guillot گرفته شده است) «ایجاد طرحی از خمهای به هم پیچیده، با خمهای متقارن، ویژهٔ تزیین، مانند نقشهای کمی عمیق جلدهای ساعت و قطعات ساعتهای دیواری یا زرگری را ممکن می‌سازد». برای ایجاد این طرحها از دیسکهایی که دوره آنها طبق شکل دلخواه بریده شده بود، کمک می‌گرفتند و به آن دیسکها «rosette» می‌گفتند، تفاوت چنین دستگاهی با دستگاه تراش معمولی در این نکته بود که «مرکز هر دایره‌ای که در هر لحظه در سطحی که روی آن کار می‌شود رسم گردد، یک نقطهٔ ثابت نیست زیرا این نقطه نوعی تموّج کوچک دارد که خمهایی به‌وجود می‌آورد که آن‌قدر با دایره تفاوت دارند که برای یک گردش تنها، تعداد موجها و گستردگی دامنهٔ آنها، از فاصلهٔ آنها تا مرکز، بزرگتر می‌شوند.» در ۱۷۳۰ آقای لا کوندامین وسیلهٔ کوچکی ساخت که ساختن دیسکی برای هر خم معین را آسانتر می‌کرد. این وسیله گویا بین بادامک و وسیلهٔ طرح‌انداز قرار می‌گرفت.

یک دستگاه بسیار خوب دیگر تراش تزیینی، که آن نیز به لویی شانزدهم تعلق داشت، در سن ژرمن ـ آن ـ له[4] نزدیک پاریس در یک کلاه فرنگی که زادگاه لویی چهاردهم بوده است، نگهداری می‌شود. نام سازندهٔ دستگاه، آقای ولف (بندر سن مارتن)، بر روی آن نقش شده است.

۱. Innsbruck مرکز تیرول در غرب اتریش.

2. Ons-en-Bray 3. I. T. Mercklein 4. Saint-Germain-en-Laye

کنده‌کاریهای آن بوسیلهٔ گوتیر[1]، یکی از بهترین نقش‌اندازان سبک لویی شانزدهم انجام گرفته است. این دستگاه، میزی از چوب مغون (ماهوگانی) دارد که اجزای دستگاه روی آن سوار شده‌اند. فرمان این دستگاه، میله‌ای عمودی از آهن زرکوبی شده است که میل‌لنگ کوچک و فلکه را که به‌ترتیب از چوب مغون و مفرغ زرکوبی ساخته شده‌اند، نگاه می‌دارد. تسمه‌ای که دور فلکه گردیده است، مرغک دستگاه را حرکت می‌دهد. مرغک این دستگاه، مثل دیگر دستگاههای تراش تزیینی، قابی است که کارگیر دستگاه بر آن قرار دارد. کارگیر به‌آسانی در طول و عرض جابه‌جا می‌شود، و در دو بالشک (یاتاقان) می‌گردد و روی دماغ آن میلهٔ محور حامل قطعه سوار شده است. روی کارگیر، بین دو بالشک ردیف روزتها قرار دارند و شکل آنها متناسب با گردشهایی است که به قطعه اده می‌شود تا به‌شکل دلخواه درآید. سوپرت (حامل تیغ) دربرابر میلهٔ محور قرار می‌گیرد و از مفرغ زرکوب ساخته شده و دارای کنده‌کاری و مدال نشان سلطنتی است.

یک دستگاه تراش تزیینی که در لندن نگاهداری می‌شود، ماشین ساده‌ای بدون هیچ‌گونه زینت است. گویا اصلاً فرانسوی و حدود سال ۱۷۴۰ ساخته شده است. این دستگاه به دومین کنت ماکلزفیلد[2] تعلق داشته است که اخترشناسی پرآوازه و در سالهای ۱۷۵۱ـ۱۷۶۴ رئیس انجمن سلطنتی انگلیس بود. این دستگاه که مجموعاً مانند دستگاه قبلی است و دو ویژگی جالب دارد: از یکسو می‌تواند درصورت تمایل، مدال بتراشد، و این کار با سوار کردن قطعه‌ای که باید کپی شود در انتهای عقبی کارگیر عملی می‌شود؛ و از سوی دیگر می‌تواند دنده را کپی کند زیرا یکی از مقاطع کارگیر آن سه سطح جداگانه با دنده‌های کوتاه دارد که می‌توان آنها را روی کار کپی کرد.

دستگاههای شکلتراش و یا «کوچک کردن» مدالها، معمولاً مخصوص ساختن مدال با الگو ساختن مدل کاملاً بزرگتری است، بدین‌طریق که یک گمانه همهٔ برجستگیهایی را که ابزار باید در مقیاس کوچکتری، روی یک قرص فلزی کپی کند، می‌پیماید.

عمل مشابه دیگری می‌توان با دستگاههایی غیر از ماشین تراش، انجام داد؛ که آن یک فرز کوچک است. در پاریس در موزهٔ کنسرواتوار ملی‌پیشه و هنر می‌توان چندین کپی تراش و بخصوص دستگاه کوچک کردن مدال ساخته مرکلاین (۱۷۶۷)، و دستگاه حک‌کننده و کوچک‌کنندهٔ مدالها و مهرتراشی ساختهٔ ولگموت[3] (۱۸۲۰)، و بالاخره از دستگاه مدال‌ساز میر[4] نام می‌بریم که ابزار آن فرز است.

در آنسیکلوپدی نیز تصویری از یک دستگاه سادهٔ تراش دیده می‌شود که در آن زمان (۱۷۷۰) زرگران از آن استفاده می‌کردند تا داخل بشقابهای ساخته‌شده از فلزات قیمتی را با کوچکترسازی

1. Gouthiere 2. Macclesfield 3. Wohlgemuth 4. Maire

نقش اندازند. همین سند جزئیاتی از نوعی کشوی رنده‌گیر (سوپرت)، که در دو جهت حرکت می‌کند که قسمت فوقانی آنکه در شیارها براحتی می‌لغزد، ساختمانی مشابه کشوهایی است که قرقره‌های آن در اثر فشار فنر حرکت می‌کنند.

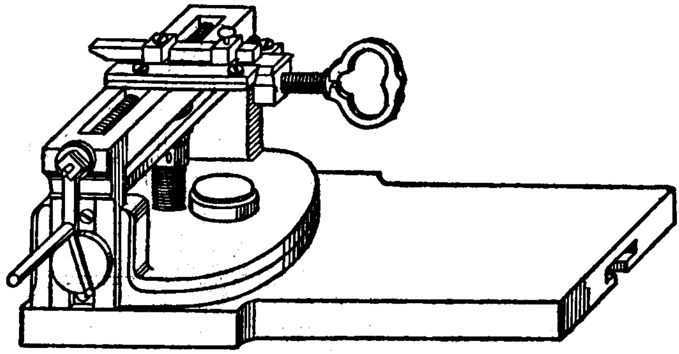
رنده‌گیر: می‌توان ادعا کرد که اصلاحاتی که در قسمت رنده‌گیر به‌عمل آمد، بیشترین تأثیر را در پیشرفت آهسته مکانیک در جهت دقت داشته است. رنده‌گیری که در شکل ۷۲ تصویر شده است، چون شیاری در قسمت فوقانی آن تراشیده شده است، می‌تواند روی یک میلهٔ منشوری در جهت طولی حرکت کند. زاویهٔ درگیری تیغ با قطعه را، براحتی می‌توان تنظیم کرد و تکمهٔ مفصل را باز و بسته می‌کند. حرکت جنبی تیغ به‌توسط میلهٔ دنده‌داری انجام می‌گیرد که میل‌لنگی آن را تنظیم می‌کند. حرکت جنبی تیغ به‌توسط میلهٔ دنده‌داری انجام می‌گیرد که میل‌لنگی آن را تنظیم می‌کند. حدود سال ۱۷۶۰ بود که این وسیله، که در گذشته در دستگاههای تراش ساعت‌سازان مورداستفاده بود، یکی از اصول مشخص‌کنندهٔ نخستین ماشینهای صنعتی ساخت ووکانسون شد: مته و دستگاه تراش او با رنده‌گیر لغزنده، در جلد بعد مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

رنده‌گیر دستگاهی که مرکلاین برای لویی شانزدهم ساخته بود و درگذشته دربارهٔ آن سخن راندیم، جالبتر است. گردش تیغ‌رنده به‌توسط میلهٔ دنده‌داری صورت می‌گیرد که روی شکاف دنده‌دار یک صفحه مدور درگیر شده است. با مدرج کردن دستگاه بوسیلهٔ ورنیه، دقت بسیار زیاد در کار آن ایجاد می‌شود. در این مورد خاص علاقه برای تکمیل بیشتر دستگاه، نوعی تفنن به‌نظر می‌رسد، زیرا قطعات آن بخوبی کار می‌کنند.

این مشخصات دقیقاً در مورد دستگاههایی که سازندگان ابزارهای علمی همان زمان برای رفع نیاز کارگاههای خود به‌وجود آورده‌اند، صدق می‌کند. این استادان بزرگ سدهٔ هجدهم همان‌طورکه گفته‌ایم ابزارهای اصلی خود را از ساعت‌سازان گرفته بودند.

دستگاههای تراش ساعت‌سازان: طی پنج سده، ساعت‌سازان در هر عصر سازندگان دقیقترین ابزارهای زمان خود بودند. خیلی زود آنها توانستند ابزارهایی طرح کنند تا بوسیلهٔ آنها عملیات بسیار دقیق ساعت‌سازی را با قدرت انجام دهند؛ مانند: دستگاههای چاک‌زننده و متوازن سازندهٔ چرخها و پینیونها، تراشیدن امرود ساعت، مدرج کردن چرخدنده‌ها و غیره، ساعت‌سازان خواص آلیاژهای برنج و فولادهای مورد استفادهٔ خود را بررسی می‌کردند و برای ساخت ساده‌ترین ابزارهای خود، وسایل را تکمیل و یا اختراع نمودند.

نتیجهٔ کار همیشه رضایتبخش نبود؛ فی‌المثل دستگاههایی که برای ساختن سوهانها اختراع



شکل ۷۲.رنده‌گیر مفصلی یک دستگاه تراش تزیینی (Encyclopédie).

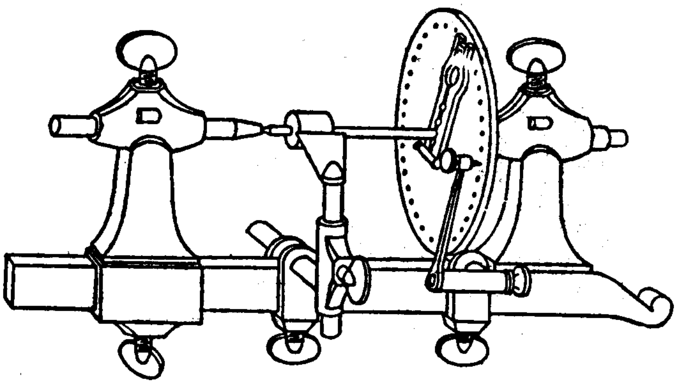
کردند مشتمل بر قلم و چکش بود. آقای گابریل ژار چنین می‌نویسد «بارها تلاش شد که ماشینها و دستگاههایی برای آج‌زدن سوهان بسازند، اما هرگز نتوانستند»، معنی عبارت بالا این است که دستگاههایی را که ورژه[1] در سال ۱۶۹۹، و پ. فاردوال[2] در ۱۷۲۵، و تیو[3]در ۱۷۴۱، و شوپتیل[4] در ۱۷۵۰، و دوران[5] در ۱۷۶۲ ساختند، نتیجهٔ خوبی از آنها نگرفتند. با این همه خود این شکستها نشانهٔ روحیهٔ جست‌وجوگری است که مکانیسین‌های معمولی بندرت آن را دارند.

درحدود پایان سدهٔ شانزدهم ساعت‌سازان یک صفحهٔ تقسیم طرح کردند تا چرخدنده‌ها را تقسیم کنند. این صفحه لزوم استفاده از قطب‌نما برای هر مورد فردی را از میان برد. در روی این صفحه یک ردیف دایره‌های متحدالمرکز وجود داشت، که هر یک برحسب یکی از تقسیمات رایج در ساعت‌سازی تقسیم شده بود. هر تقسیم با نقطه‌ای که با عمق کافی در صفحه ایجاد شده بود، علامتگذاری شده بود تا نوک سوزن حکاکی متوقف شود. چرخی که می‌بایست تقسیم‌بندی شود به میله‌ای که از مرکز صفحه گرد می‌گذشت، متصل بود. تقسیمهای صفحه از طریق یک عضاده (الیداد) برحسب تعداد دندانه‌های تقسیم شده، روی محیط چرخ منتقل و در هر موضع بوسیله نوک سوزن متوقف می‌شد. تا مدتها ساعت‌سازان همچنین از صفحهٔ تقسیم‌کننده برای تراشیدن دندانه‌های پینیون با کمک نوعی دستگاه کوچک استفاده می‌کردند (شکل ۷۳).

حدود اواخر سدهٔ هفدهم بود که رابرت هوک[6] یک دستگاه فرز کوچک به صفحهٔ تقسیم کننده افزود و بدین‌ترتیب آن را تبدیل به دستگاهی برای دنده‌تراشی چرخهای اصلی و پینیون کرد. پنجاه

1. Verger 2. P. Fardoil 3. Thiout 4. Chopitel 5. Durand

۶. R, Hooke ۱۶۳۵ـ۱۷۰۳ اخترشناس و ریاضیدان انگلیسی.



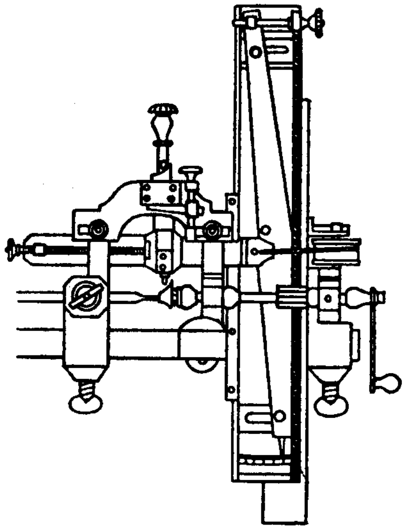
شکل ۷۳.صفحهٔ تقسیم کننده روی یک دستگاه تراش ساعت‌سازی سوار شده است. (F, Berthoud, Essai sur L'horlogerie)

سال پس از هوک، آقای فردینان برتو[1] دستگاهی اختراع کرد که دنده‌هایی را که فرز می‌تراشید، به‌طور خودکار اصلاح می‌کرد. چنین می‌نماید که حتی پیش از این سازندگان غیرحرفه‌ای دستگاههای تراش، آقای فاردوال یکی از نخستین، و احتمالاً نخستین کسی بود که برای مطمئن شدن از حرکت رنده‌گیر (سوپرت)، از یک پیچ بی‌انتها کمک گرفت. این وسیله در یک دستگاه کوچک تراش امرود ساعتهای مچی یا دیواری متعلق به سال ۱۷۱۵ دیده می‌شود. اما در این زمان طرح یک دنده مارپیچی کاملاً منظم، بویژه روی میلهای دنده‌داری با آن کوچکی عملاً محال بود. با اینکه این وسیله در کتاب تیو با عنوان *Traite' d'horlogerie* که در سال ۱۷۴۱ نگاشته است، دیده می‌شود، ظاهراً مورداستفاده ساعت‌سازان نبود و آنها برای اطمینان از حرکت رنده‌گیر در طول امرودی که قرار بود تراشیده شود و بین دو نقطهٔ یک دستگاه کوچک تراش، میل‌لنگی قرار داده شده بود، ترجیح می‌دادند از سیستمهای شامل یک قاب مفصلی تغییر شکلپذیر، یا یک هادی سه‌گوش شیبدار استفاده کنند (شکل ۷۴).

اختراعات آقای رمزدن: نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم شاهد پیدایش مکانیسین‌های بسیار قابلی در کشور انگلستان و سپس در فرانسه بود. این مکانیسین‌ها توانستند همهٔ وسایلی را که در آن زمان می‌شناختند، برای خلق نخستین دستگاههای دارای دقت واقعی مورداستفاده قرار دهند. پیشاپیش مکانیسین‌های این نسل، بدون شک آقای جسی رمزدن[2] قرار داشت که استاد بزرگ سازندهٔ ابزار

1. F. Berthoud

۲. Jesse Ramsclew ۱۷۳۵ـ۱۸۰۰ فیزیک‌دان و نورشناس انگلیسی.



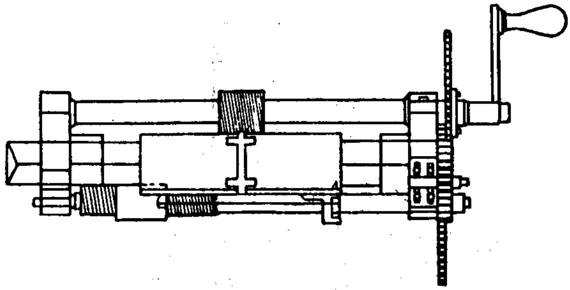
شکل ۷۴.دستگاه برش امرود ساعت (F. Berthoud, Essai sur L'horlogerie) امرود را بین دو مرغک یک دستگاه تراش لنگی قرار می‌دهند. جابه‌جا شدن میلهٔ دنده‌دار موجب حرکت متوازن قطعه سه‌گوش است و در نتیجه رنده‌گیر بطرف چپ جابه‌جا می‌شود. پایین آوردن قلم حکاکی (با دست)، که روی دستهٔ فوقانی قرار می‌گیرد، تحت فرمان پروفیلی است که در زیر این دسته دیده می‌شود. بشکهٔ کوچکی که زنجیری دارد می‌تواند رنده‌گیر را به عقب، یعنی سمت راست بکشاند.

علمی بود. همین شخص انگلیسی بود که نخستین مشکل تقسیم مکانیکی دوره‌ها و دایره‌های مدرج را حل کرد. آزمایشهای گوناگونی پیش از وی، بویژه بوسیلهٔ جان هدلی[1] انگلیسی حدود سال ۱۷۳۹ و دوک شون[2] فرانسوی حدود سال ۱۷۶۵ برای جانشین کردن تقسیم‌بندی مکانیکی با روشهای هندسی، که تا آن زمان تنها روشهای رایج بودند، به‌عمل آمد.

رمزدن نخست درصدد ساختن دستگاهی برای تقسیم کردن دایره بود و چون این دستگاه می‌بایست با دنده‌های چرخ حلزونی حرکت کند، او ناچار بود که در آغاز، دستگاهی برای تراش پیچهای حلزونی، و دستگاه دیگری برای دنده‌تراشی چاک صفحهٔ مدور بسازد. دستگاه نخست نوعی پیچ اصلی (یا مادر) بود که به‌توسط طوقه‌ای دنده‌دار، صفحه‌ای را هدایت می‌کرد و ابزار صفحه، پیچی را که باید تراشیده شود که موازی پیچ اصلی قرار داده می‌شد، می‌تراشید. این دستگاه تراش بوسیله میل‌لنگی عمل می‌کرد، گردش میل‌لنگ به‌واسطهٔ جعبه‌دنده‌ای به دو قطعه منتقل

۱. J. Hadley ۱۶۸۲ـ۱۷۴۴ ریاضیدان و مکانیسین انگلیسی.

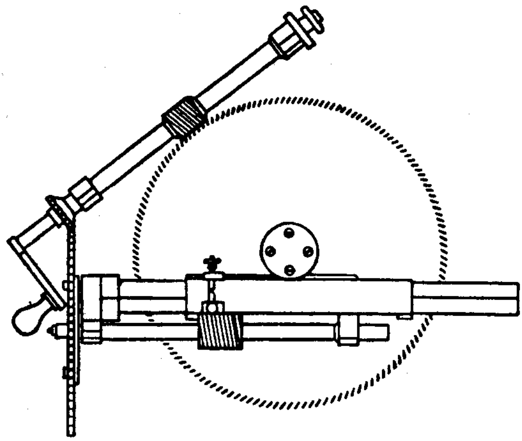
2. Chaulnes



شکل ۷۵.دستگاه پیچ‌تراشی رمزدن. میله‌ای که قرار است دنده شود در بخش بالایی دیده می‌شود. تیغ رنده لبه‌ای از الماس دارد که فولاد آبداده را هم می‌تواند بتراشد. تیغ رنده روی سوپرت (رنده‌گیر) طوقه‌داری محکم شده است. یک پیچ اصلی در قسمت پایین تصویر، آن را حرکت می‌دهد.

می‌شد، به‌طوری‌که با یک پیچ اصلی، تراش دنده‌هایی با گامهای مختلف ممکن می‌شد (شکل ۷۵). دیده‌اند که لئوناردو در دویست و پنجاه سال پیش همین طرح را دنبال کرده است؛ اما اینکه در آن زمان وسایل لازم برای ساختن آن وجود داشته، محل تردید است. نخستین دستگاه ساخت رمزدن، به او برای تراشیدن پیچ حلزونی و به منظور کشیدن صفحهٔ مقسم و یک پیچ مشابه که دنده‌های آن لبهٔ برنده‌ای داشت، کمک کرد، و از وسیله دوم برای تراش دنده در چاک صفحهٔ مقسم از طریق فشار استفاده نمود.

روش رمزدن برای ساختن این وسیله نشان‌دهندهٔ قدرت استثنایی تفکری است که می‌تواند همهٔ مشکلات چنین اقدامی را از پیش تجزیه و تحلیل کند. به‌طور خلاصه، این روش بی‌نظمیهای دنده‌تراشی را با تقسیم حتی‌المقدور یکسان آنها در سراسر دورهٔ صفحه از بین می‌برد. در مورد تراشیدن پیچهای حلزونی، یعنی پیچ مادر که برای تراش به‌کار می‌رفت، نظم کامل گام پیچ، اساس دقت دستگاه اوست. گویا او از طریق تقریب مکرر و تصحیحهای پی‌درپی به‌این نظم دست می‌یافت. این کار برای کسی میسر است که همچون رمزدن قابلیت بسیار بالایی داشته و نیز فولادهای با کیفیت دلخواه در دسترس او باشد. وانگهی این واقعیت که هم برای تراش دنده در صفحهٔ مدور و هم برای کشیدن این صفحه روی دستگاه کامل، تنها بخش کوچکی از میلهٔ دنده‌شده مورداستفاده قرار می‌گرفت، کار را کمی آسان می‌ساخت. رمزدن در سال ۱۷۷۵ پس از چهارده سال تلاش پیگیر توانست نخستین دستگاه خود را برای تقسیم مکانیکی دوایر مدرج بسازد. این اختراع تنها پس از گذشت چند سال، ساختمان ابزارهای اخترشناسی و مساحی را دگرگون کرد. این دستگاه



شکل ۷۶. دستگاه پیچ‌تراش رمزدن، که با پیچ حلزونی کشیده می‌شود. پیچ اصلی صفحه با چاک دنده‌دار را حرکت می‌دهد، سوپرت بر روی این صفحه قرار دارد و یک فلکه مرکزی به آن فرمان می‌دهد. قطعه‌ای که باید دنده شود موازی سوپرت قرار داده می‌شود.

سرآغاز ابزارهای دقیق و کوچک نوین بود.

کمی پس از این اختراع، رمزدن برای تقسیم خطوط مستقیم دستگاهی ساخت. در این کار او برای کشیدن صفحهٔ حامل خط‌کشی که می‌بایست با خط‌انداز تقسیم شود یک پیچ بی‌انتها ساخت. ساختن این پیچ بسیار پیچیده‌تر از دستگاه تقسیم‌کنندهٔ لبه بود، زیرا تمام طول پیچ مورداستفاده قرار می‌گرفت. رمزدن برای ساختن این پیچ یک دستگاه رزوه‌کنی ساخت که آن هم صفحهٔ مدوری بود که بوسیله یک پیچ حلزونی کشیده می‌شد. گردش این صفحه از طریق یک فلکه مرکزی، حرکت تیغ رنده را تنظیم می‌کرد (شکل ۷۶)؛ بنابراین نظم دنده‌های مختلف پیچ حلزونی، بر سراسر میله‌ای که می‌بایست دنده شود، حاکم بود.

در فرانسه دو مکانیسین استثنایی با نامهای ژ.ل. لنوار[1] و نیکلافورتن[2] کمی پس از رمزدن، دستگاههایی برای تقسیم ساختند. معلوم نیست که آنها از چه راهی توانستند میله‌های دنده‌داری با گامهای ثابت تهیه کنند. توفیق در این کار بستگی به ابتکار شخصی داشت و روشهای مکانیکی هنوز اجازه حذف آن را نمی‌دادند.

مشکل انتقال حرکت بوسیله دنده: همهٔ دستگاههایی که تا حدود سال ۱۷۸۰ ساخته شده‌اند و تاکنون مورد بحث قرار گرفته‌اند، شکل دندانه‌های دندهٔ آنها هنوز مسألهٔ بسیار مهمی نبود. به‌طورکلی

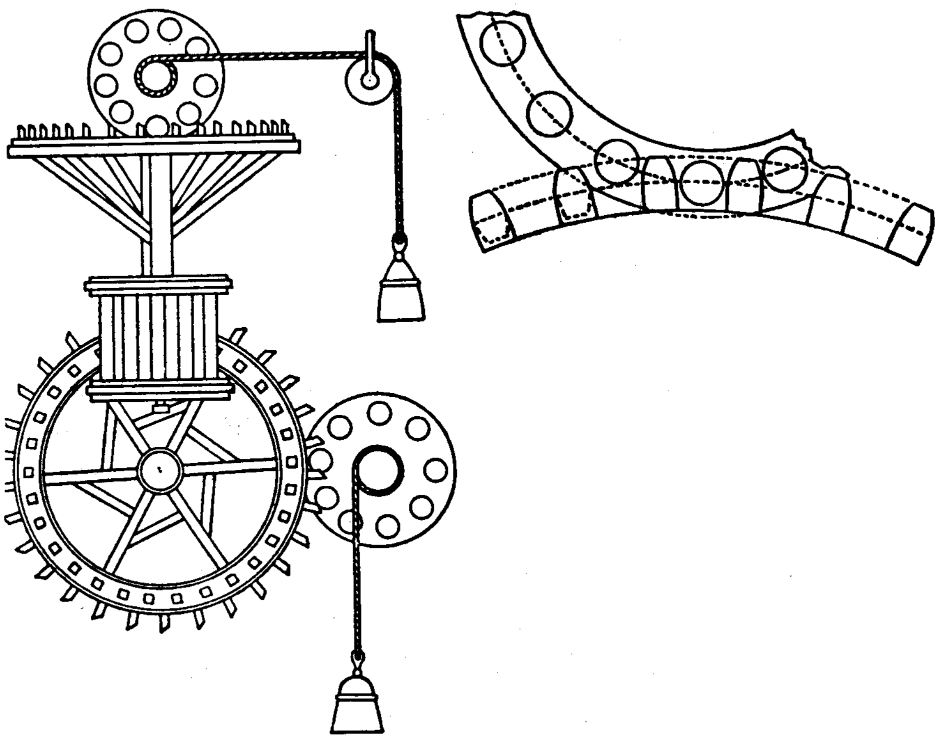
1. J. L. Lenoir 2. Nicolas Fortin

می‌توان گفت که چرخدنده‌ها در انواع مختلف دستگاههای تراش آن روزگار بندرت مورداستفاده قرار می‌گرفتند. زمانی‌که چرخدنده درکار بعضی از ابزارها، دستگاههای ساعت‌سازی، و در خود ساعتها (ساعتهای مچی، آونگی و غیره) دخالت کردند، تنها با حرکت کندی عمل می‌کردند. وانگهی در مکانیسمهای ساعت‌سازی، چرخدنده‌ها همیشه در یکسو می‌گردیدند و دندانه‌ها فقط فشار کمی بر یکدیگر وارد می‌ساختند. در این شرایط پراتسین‌ها، بدون اینکه مسألهٔ شکل هندسی دندانه‌ها را حل کنند، بسادگی توانستند با روش تجربی به راه‌حلهای رضایتبخشی دست یابند.

برای مکانیسمهای دارای ابعاد بزرگ، نظیر مکانیسمهایی که در ساختمان اسبگرد (مانژ) عمل می‌کنند، مؤسسات هیدرولیکی و آسیابهای بادی، وضع فرقی می‌کند. تعدادی از این مکانیسمها در فصلهای متعدد این جلد مورد بحث قرار گرفته‌اند. گفته شده است که دنده‌های چوبی طبق مدلهایی ساخته شده‌اند که ریشهٔ آنها لااقل تا قرون وسطی پیش می‌رود. در شکل ۷۷ طرحی از چرخدندهٔ فانوسی پره‌دار دیده می‌شود که تا اواسط سدهٔ نوزدهم هنوز در جاهایی مورداستفاده بود.

با این همه مهندسانی که درپی بالا بردن بازده ماشینهای محرکه ـ که خود ساخته یا از جایی به‌دست آورده بودند ـ، دست به‌کار یافتن بهترین شکل برای دندانه‌های چرخدنده شدند. طرحی از لئوناردو چرخهایی را نشان می‌دهد که دندانه‌های آن به‌شکل نوینی هستند، لیکن هیچ‌کس نمی‌تواند بگوید که دندانه‌هایی این چنین را خود او دیده یا آن را طرح کرده است.

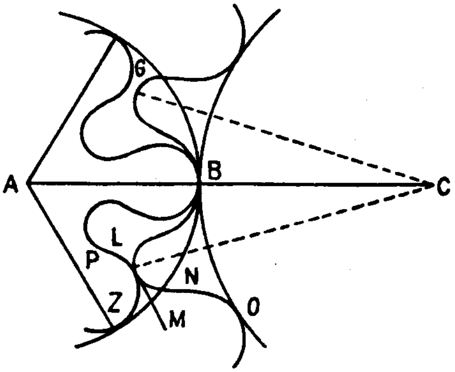
نخستین پژوهشهای هندسی: طرحهایی از چرخدنده‌های مخروطی که در کارهای ژاک بسون و راملی وجود دارد، گواه این حقیقت است که در حدود پایان سدهٔ شانزدهم برای انجام کارهایی لااقل در مخیلهٔ خود درپی جانشینی برای دنده‌های فانوسی معمولی بودند. ریاضیدانان سدهٔ هفدهم می‌بایست راه را برای پژوهشهای مهندسی می‌گشودند. حدود سالهای ۱۶۵۰ـ۱۶۶۰ بود که ژرار دزارگ، پایه‌گذار پرسپکتیو هندسی، برای نخستین بار برای دندانه‌های چرخ، شکل برون چرخزادی (اپی سیکلوئیدی) را تعیین کرد. معلوم نیست که آیا این اجرا پیش از پژوهشهای هندسی خود دزارگ بوده است یا پس از آن. مع‌ذلک انتخاب یک شکل چرخزادی محققاً بی‌سابقه نبوده است؛ منحنیهایی از این دست در آن زمان مورد علاقهٔ مشهورترین دانشمندان همه کشورها بوده است. کاری که دزارگ انجام داد یک کار استثنائی نبود. اولائوس رومر اخترشناس نیز در سال ۱۶۷۴ چنین چرخدنده‌ای ساخته بود؛ و نیز فیلیپ دو لاهیر در سال ۱۶۹۴ کتابی تحت عنوان: *Traité des épicycolides et leur usage en mécanique* و پس از آن در ۱۶۹۵ کتابی با عنوان: *Traité de mécanique* نگاشت و در آنها کاربرد منحنیهای چرخزادی برای رسم شکل دنده‌ها



شکل ۷۷. جعبه دندهٔ چوبی (Bélidor, L'architecture hydraulique) ترکیبات گوناگونی از چرخهای دنده‌دار، چرخدندهٔ بزرگ (کرانویل) و چرخدنده فانوسی پره‌دار.

به‌تفصیل بحث شده است.

آقای لاهیر در نظر داشت تا بهترین شکل سطوح دندانه‌ها را برای اینکه فشار و حرکت یکنواختی ایجاد شود، تعیین کند. او متوجه شد که برای کاستن هر نوع مالش، دندانه‌های مماس با یکدیگر باید یکی روی دیگری بغلطند، و ثابت کرد که چنانچه یکی از این دنده‌ها بخشی از شکل برون چرخزادی خارجی را داشته باشد که با نوعی دایرهٔ مولد تعریف می‌شود، شکل دندانهٔ متقابل با او باید بخشی از برون چرخزادی داخلی را داشته باشد که با همان دایرهٔ مولد تعریف می‌شود (شکل ۷۸). بحث او سبب شد که مفهوم زیر برای نخستین بار مطرح شود: برای اینکه حرکت یکنواخت باشد فشار باید ثابت نگاه داشته شود. آقای لاهیر پس از اینکه منحنیهای گوناگون قابل استفاده را از نظر



شکل ۷۸.طول و وضع دندههایی که با یکدیگر درگیر شدهاند. زمانیکه دندانهٔ ONL درگیریش با دندانهPZ تمام میشود دندانه BG باید درگیریش با دندانهٔ مرتبط با چرخ A شروع شود. (De La Hire, Traité des épicycloïdes)

گذرانید، بدین نتیجه رسید که اینولوت[1] (منحنی گسترنده) رضایتبخشترین چرخزاد خارجی است. نام لاهیر بر روی چرخدندهای که با یک میلهٔ دایرهای از داخل دنده شده درگیر است، باقی ماند.

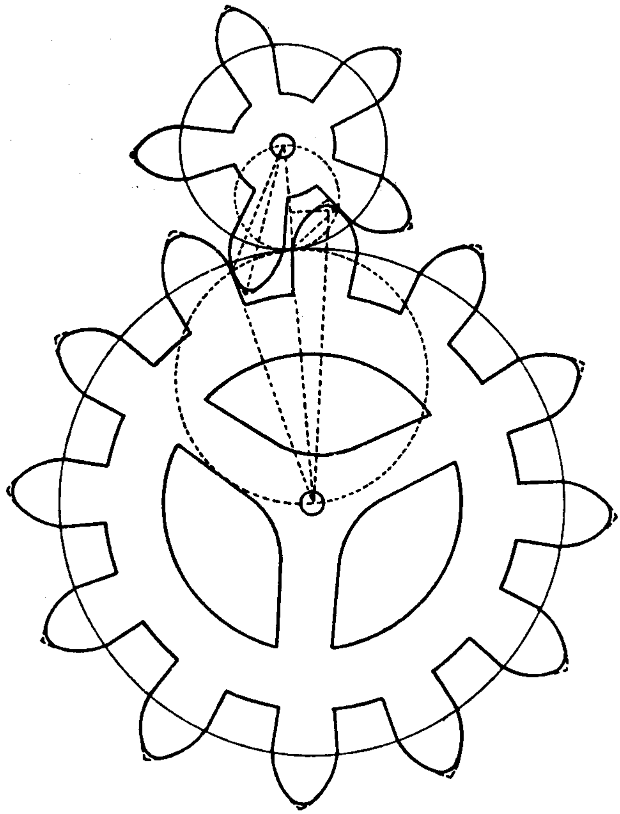
چهل سال پس از این تاریخ، سال ۱۷۳۳، آقای کامو[2]، دانشمند هندسه، یادداشتی به آکادمی علوم فرانسه تقدیم داشت که «دربارهٔ شکل دندانههای چرخهای گرداننده و گردنده» بود و این یادداشت در سال ۱۷۶۶ جزء دروس ریاضی او شد. کار کامو بیش از کار لاهیر که نقطهٔ شروع بود، ارزش عملی داشت. کامو با مطالعهٔ چرخدندههای شناخته شده در آن زمان، شکل دندانههای مناسب برای ترکیبات گوناگون را جستوجو میکرد. او تنها شکل برون چرخزادی دندانهها را مطالعه میکرد و از تحقیق بر روی گسترندهها چشم پوشید. با این همه او نشان داد که بهترین نتیجه وقتی بهدست میآید که دندانه چرخ گرداننده با گردنده زمانی درگیر شود که سطح خاص آن از خطی که مراکز دو چرخ را بههم مرتبط میکند، گذشته باشد (شکل ۷۹). کامو علاوهبر این کشف مهم خود، مسائل دیگری را نیز نظیر: کمترین تعداد دندانههای یک چرخ، بهترین شکل انتهای چرخ و غیره حل کرد.

بین سالهای ۱۷۵۴ و ۱۷۶۵ چند اثر نظری از لئونهارت اویلر[3] وقف مسائل دندانهکاری چرخها شد.اویلر بخصوص برای این واقعیت که دندانههای دارای شکل گسترنده یا برون چرخزادی

۱. involute یا développante فرانسه.

2. Camus

۳. L. Euler ۱۷۰۷_۱۷۸۳ ریاضیدان سویسی.



شکل ۷۹.تعیین شکل دندانه‌های یک چرخ‌گرداننده و یک چرخ‌گردنده در رابطه با تعداد دندانه‌های آنها و فاصلهٔ مراکز دو چرخ از یکدیگر (Camus, Cours de mathematiques)

مسأله مالش را از میان می‌برند، استدلالی ریاضی ارائه داشت و ثابت کرد که زاویهٔ فشار باید ۳۰ درجه باشد.

همهٔ این مراحل نظری پیموده شد، اما معلوم نشد چه کسی می‌تواند آنها را در عمل پیاده کند. محتویات یادداشتهای دانشمندان ریاضی در واقع در دسترس تکنسین‌ها نبود و برای اینکه از این یادداشتها بهرهٔ لازم گرفته شود، می‌بایست در انتظار زمانی بود که کتابهای مکانیک کاربردی ـ برای توده وسیعتری از محافل تنگ آکادمیسین‌ها ـ تهیه شوند. این امر فقط در سالهای ربع نخست سدهٔ نوزدهم حاصل شد. از سوی دیگر باید کاملاً درنظر داشت که لاهیر، کامو، اویلر از نیازهای زمان خود جلوتر بودند. روشهای سنتی، تا پنجاه سال پس از اویلر نیز برای ساختن دستگاههای

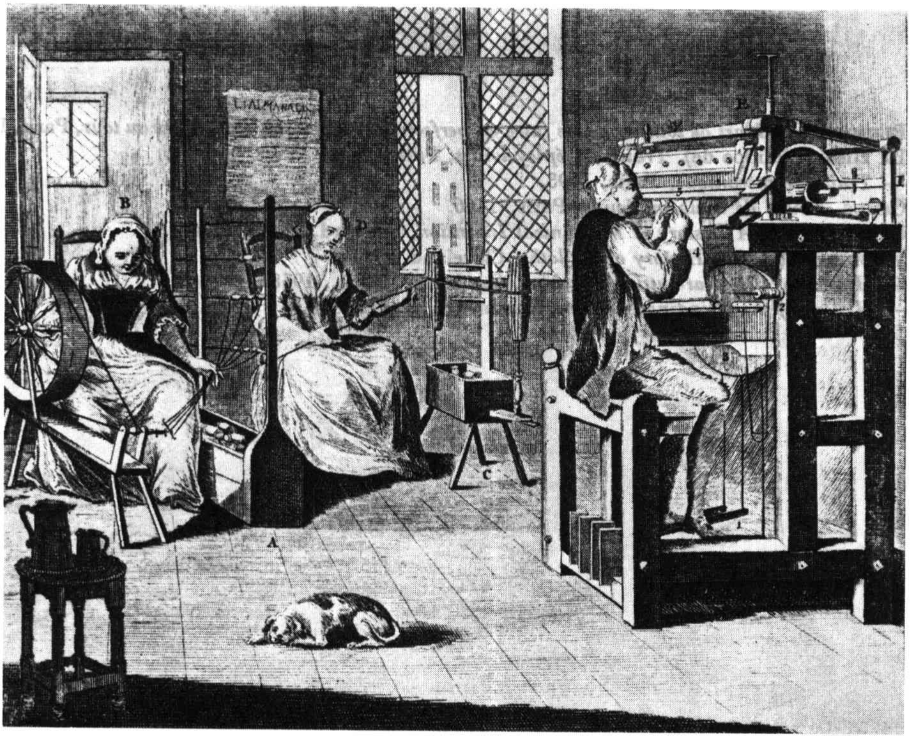
مزبور کافی بودند. کمی فولاد اجازه نمی‌داد که بتوانند از آن برای ساختن تعداد زیادی دستگاههای بزرگ استفاده کنند. اما رفته‌رفته تحول مکانیک که در این فصل خلاصه شده است، تحول صنعت فولاد و بالاخره ماشین بخار که در جلد سوم از آن سخن خواهیم گفت، مبانی پیدایی عصری بودند که همه شرایط تکنیکی در آن فراهم آمدند، تا ماشین ـ ابزار واقعاً تولد یابد.

کتاب‌شناسی I

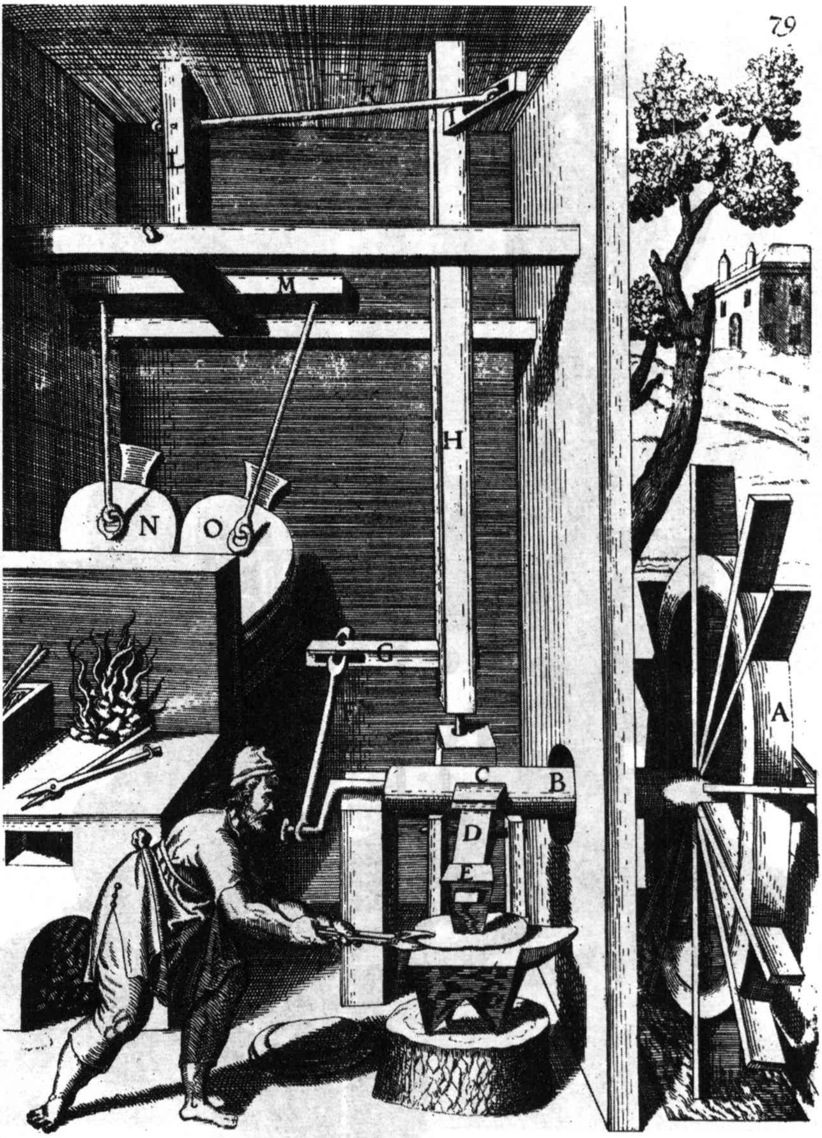
AGRICOLA, *De Re Metallica*, 1re éd., 1530.
BÉLIDOR, *Architecture hydraulique*, 1re éd., 1737-1739.
Encyclopédie, recueil des planches, t. III, IV, VI, VIII.
BESSON (Jacques), *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques*, 1578.
CHÉRUBIN (P.), *La dioptrique oculaire*, Paris, 1671.
DAUMAS (Maurice), *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, 1953.
BIRINGUCCIO, *La pyrotechnie*, traduction de Jacques VINCENT, 1627 ; 1re éd., *De la Pirotechnia*, 1540.

کتاب‌شناسی II

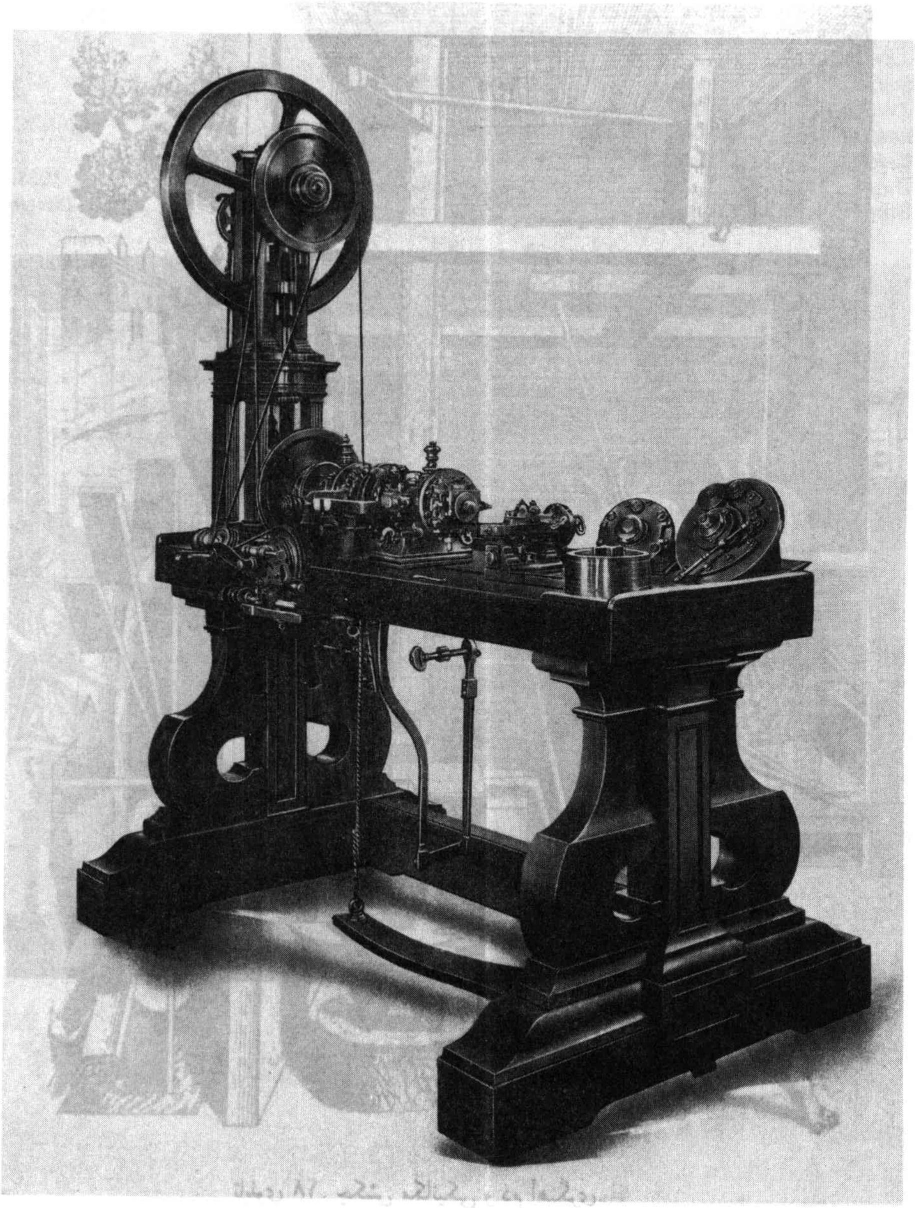
PLUMIER (P.), *L'art de tourner ou de faire en perfection toutes sortes d'ouvrages au tour*, Paris, 1701.
LA HIRE (Philippe de), *Traité des épicycloïdes*, Paris, 1694.
— *Traité de mécanique*, Paris, 1695.
CAMUS, *Cours de mathématiques*, Paris, 1766.
USHER (A. P.), *A History of Mechanical Invention*, Harvard, 2e éd., 1954.
WOODBURY (R. S.), *History of the lathe*, Cleveland, 1961.
— *History of the Gear-cutting Machine*, Cambridge, Mass., 1958.
— *History of the Grinding Machine*, Cambridge, Mass., 1959.



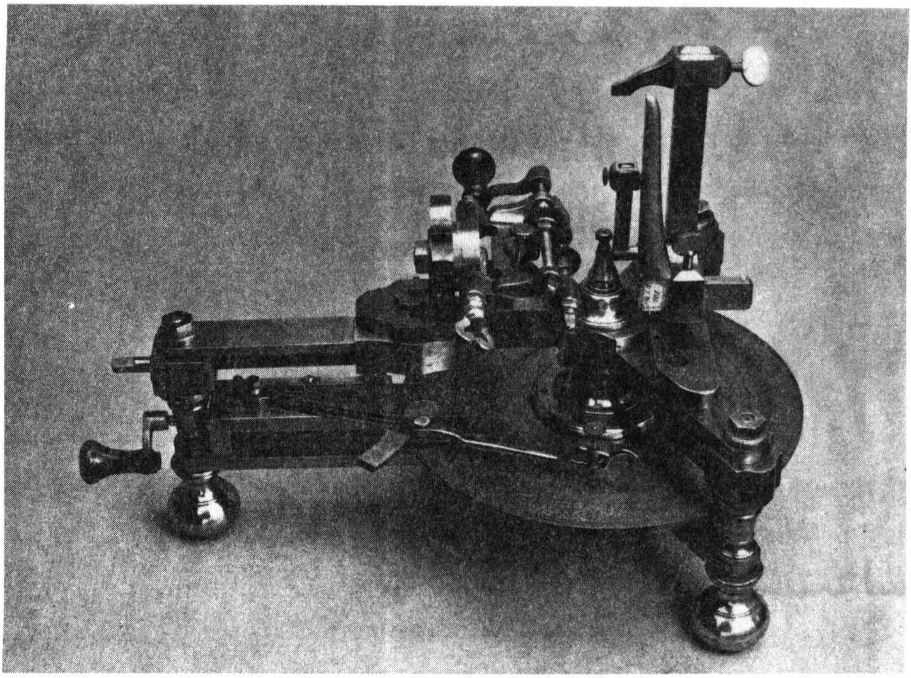
تابلوی ۱۷. یک کارگاه کشبافی در انگلستان.

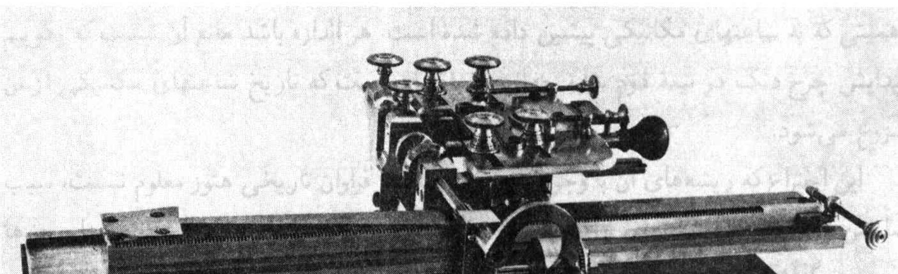


تابلوی ۱۸. چکش مکانیکی و دم آهنگری.



تابلوی ۱۹. دستگاه تراش تزیینی.





تابلوی ۲۰. دستگاههای تراش: بالا، تراش چرخدندهٔ ساعت؛ پایین، امرود ساعت.

۱۳

ساعت‌سازی

مسائل تاریخی

اهمیتی که به ساعتهای مکانیکی پیشین داده شده است، هر اندازه باشد مانع آن نیست که بگوییم پیدایش چرخ دنگ در نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم واقعه‌ای است که تاریخ ساعتهای مکانیکی از آن شروع می‌شود.

این اختراع که ریشه‌های آن با وجود پژوهشهای بسیار فراوان تاریخی هنوز معلوم نیست، سبب ساختن و رواج یافتن ساعتهای بزرگی شد که نخست روی ساختمانها و سپس روی میزها و بعدها در جیب گذاشته می‌شدند. مدتها اوضاع و احوالی که سبب ایجاد چنین موفقیت سریعی در این صنعت جدید شد، مورد سؤال بود. چنین می‌نماید که در همهٔ ادوار تاریخ پیش از سدهٔ هفدهم، نمی‌توان اختراع دیگری یافت که در برههٔ کوتاهی از زمان ـ پنجاه سال ـ چنین مورد استقبال واقع شده باشد.

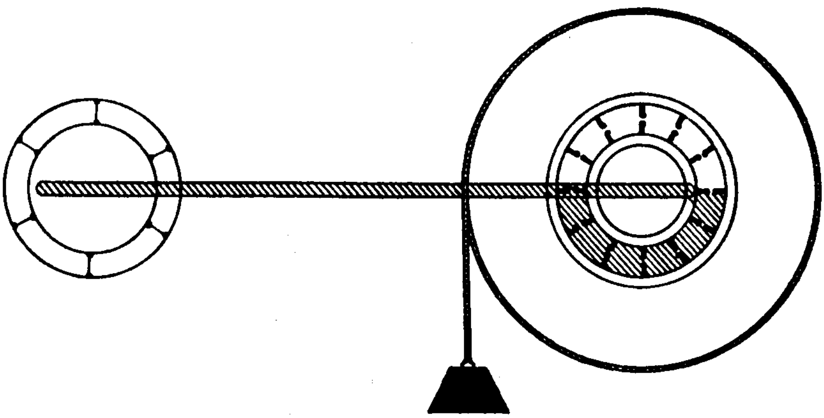
می‌توان باورکرد که این اختراع در اروپای غربی ـ احتمالاً در جنوب آلمان، یا در انگلستان ـ پدید آمده است و زمانی‌که بیشتر با آن تطابق دارد، ثلث اول سدهٔ چهاردهم است. این اختراع بسرعت

وارد فرانسه و ایتالیای شمالی شد ـ اگر در این ناحیه بوجود نیامده باشد ـ اما دربارهٔ اینکه آیا نتیجهٔ ابتکار یک فرد بوده است، و یا در اثر تحول سریع وسیله‌ای که در آن زمان شناخته شده بود و آن را برای تنظیم مکانیسم ساعت مورداستفاده قرار داده بودند، مطلقاً چیزی نمی‌دانیم. از نمونه‌های نخستین و تکامل نیافتهٔ آن، نمونه‌هایی که پیش از پیدایش مجموعهٔ چرخ‌دنگ و میلهٔ شیطانکدار وجود داشتند، هیچ اثری برجای نمانده است. نخستین نمونهٔ کاملاً شناخته شده آن، ساعتی است که جووانی دو دوندی حدود سال ۱۳۵۰ ساخته است که تصویر دقیقی (شکل ۸۴) از آن در دست داریم. از این جالبتر، واقعیتی است که چنین مکانیسمی طی چند سده با مدلهای متعددی ساخته شده است، بدون اینکه تغییرات اساسی در آن داده باشند. مجموعهٔ شیطانک و چرخ دنگ سده‌های هفدهم و هجدهم ساختمانی مشابه دارند؛ گرچه از لحاظ استادی و ساخت با سده‌های چهاردهم و پانزدهم شباهتی ندارند.

عوامل تاریخی: در همهٔ مراحل تحول تکنیکها، هر اختراع فقط بشرطی تکامل خود را تا به‌آخر طی می‌کند که اوضاع و احوال محیط بهره‌گیری از آن را ممکن ساخته باشد. در مورد ساعتهای مکانیکی تاریخ‌نویسان هنوز درپی پاسخی به این سؤال می‌باشند، که چه عوامل مساعدی به موفقیت آن کمک کرده‌اند. استفاده از ساعتهای دیواری در اواخر قرون وسطی هیچ لزومی نداشت. این فرضیه که در صومعه‌ها برای اجرای فرایض دینی ساعت لازم بود و در آنجا اختراع شد، رد شده است و روزکار محلهای کار هم تابعی از روشنی روز و طول شب بود و به‌اندازه‌گیری فواصل منظم زمان نیازی نبود. وانگهی آهنگ کار و زندگی روزانهٔ محیط بیرون از صومعه، هنوز بستگی به محاسبهٔ دقیق ساعتها نداشت. گویا توسعهٔ زندگی شهری رفته‌رفته نیازهایی را پیش آورد که ساعتهای دیواری به آنها پاسخ می‌دادند. منطقی است اگر بپذیریم، عواملی که مشوق تعیین وقت بوسیلهٔ ساعتهای زمان نواز و پیدایش وسایل خودکار، و نیز استفاده از محل اختران و تقویمها شدند، از نوع ذهن کنجکاو بشر می‌باشند و نیز وفور ارتباطات بشر بود که نیاز به‌ساختن ساعت را ایجاد کرد. چشم و همچشمی شهرها موجب تکثیر سریع ساعت در زمانی شد که هنوز هیچ سود عملی بر آن متصور نبود.

درپی این تحولات، امکان دارد که کار ساعت دیواری به‌آهستگی انطباق آهنگ زندگی شهری را با تقسیمات منظم شبانه‌روز به ساعت تشویق کرده باشد. اما باید پذیرفت که این فرضیات برای این پدیده، نمی‌توانند توضیحات کافی به‌شمار آیند.

تاریخ پیدایش چرخ دنگ: دربارهٔ تاریخ پیدایش چرخ دنگ و چگونگی اختراع آن نیز همین ابهام حکمفرماست. تقریباً مطمئن می‌باشیم که ساعتهایی که با وزنه عمل می‌کردند، در اواخر سدهٔ پانزدهم رواج داشتند یا لااقل دورهٔ آزمایشی خود را می‌گذرانیدند. استفاده از وزنه‌های سنگین آویزان از ریسمانی که دور یک استوانهٔ افقی پیچیده شده است، فی‌المثل برای عمل کردن بعضی وسایل بالابر، احتمالاً از دوران اسکندریه یا حتی پیش از آن رواج داشته است. ما بدون اینکه همهٔ نوشته‌ها و تمثالهای مانده از آن دوران را بررسی کنیم، تنها می‌بایست به نوشته‌های مربوط به ساعتهای وزنه‌ای در کتاب *Libros del Saber de Astronomia* که متعلق به سالهای ۱۲۷۶ـ۱۲۷۷ می‌باشد، اشاره کنیم. این کتاب که محتوی زیج آلفونسی[1] می‌باشد در سال ۱۲۷۲ به ابتکار آلفونسوی دهم پادشاه کاستیل فراهم شد و طرحی از یک ساعت در آن دیده می‌شود، که مکانیسم آن با پایین آمدن یک وزنه عمل می‌کرد. تنظیم این حرکت بوسیلهٔ چرخ دنگ نیست، بلکه جریان جیوهٔ محتوی در یک استوانهٔ خانه‌خانه که به‌دور محوری افقی می‌گردد، آن را نظم می‌دهد (شکل ۸۰).

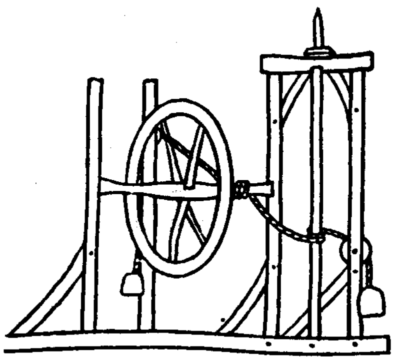


شکل ۸۰.ساعت وزنه‌ای آلفونسوی دهم. در سمت راست وزنهٔ حرکت دهنده و طبلک تنظیم کننده با گردش خود، محتوی جیوه را از یک خانه‌به‌خانه دیگر جریان می‌دهد. محور افقی یک چرخ کوچک شش دندانه را که به‌طور اجمالی در سمت چپ ترسیم شده است، می‌گرداند.

۱. Tables alphonsines زیجی که به دستور آلفونسوی دهم پادشاه (۱۲۵۳ـ۱۲۸۴) لئون وکاستیل در تولدو فراهم گردید تا جایگزین زیجی که دو قرن پیشتر به توسط زرقالی در تولد و تهیه شده بود، گردد. آلفونسو قریب پنجاه تن از منجمین را مأمور تهیهٔ این زیج کرد. دایرةالمعارف فارسی، مصاحب.

آقای م. ه آلن لوید[1] نکتهٔ بسیار به‌جایی را متذکر شده است که چنانچه دوران آلفونسو دهم چرخ دنگ را می‌شناخت، درکتاب پیش شرحی از آن داده می‌شد، و باز نتیجه می‌گیرد که ترسیم چرخ دنگ در ساعت نجومی جووانی دودوندی متعلق به سال ۱۳۶۴ نشان‌دهندهٔ این واقعیت است، که از چند دهه بدین طرف با این مکانیسم آشنا بودند. دوندی در واقع اختراع خود را اعلام نمی‌کند و آن را به‌عنوان یک وسیلهٔ استثنایی معرفی نمی‌دارد. باز همراه آقای آلن لوید می‌توان پذیرفت، که اختراع چرخ دنگ حدود سالهای ۱۲۸۰ تا ۱۳۳۰ انجام گرفته است.

اسلاف احتمالی این چرخ: در جریان تلاش برای یافتن رشته کارهایی که به این اختراع منجر شد، چندین ابزار پیشین طبیعتاً مطرح می‌شوند. در یکی از طرحهای آقای اونکور، معمار مشهور نیمهٔ دوم سدهٔ سیزدهم (دست‌نویس متعلق به‌حدود سال ۱۲۶۰)، وجود نوعی چرخ‌دنگ در آن مکانیسم دیده می‌شود که رفت و برگشت خودکار تندیس فرشته‌ای را که با انگشت به خورشید اشاره می‌کند، ممکن ساخته است. این مکانیسم در واقع چرخ طیاری است که چرخ آن نیز بخشی از یک سیستم چرخ چاهی است که وزنه‌های حرکت دهنده را بالا می‌کشد (شکل ۸۱).معلوم نیست که چرا این طرح به‌غلط تعبیر شده است. آقای لاسوس[2] نخستین ویراستار دست‌نویس، در مورد آن اشتباه نکرده است. اما پس از او، مورخانی که گویا زحمت بررسی دقیق دست‌نویس یا یکی از رونوشتهای آن را به خود هموار نساخته‌اند، پشت سرهم دقیقاً از به‌اصطلاح «چرخ دنگ» آقای اونکور سخن گفته‌اند. این اشتباه باید از تاریخ صنعت به‌طور قطعی حذف شود.



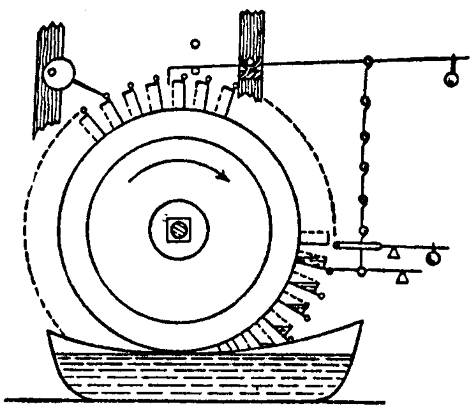
شکل ۸۱.طرح ویلاردو اونکور. در این طرح برگشت حرکت چرخ چاهی به‌طرف یک محور عمودی. نویسندگانی آن را به‌غلط چرخ دنگ پنداشته‌اند.

1. M. H. Alan Lloyd 2. Lassus

آقای جوزف نیدهام چین‌شناس، و نیز آقایان: وانگ لینگ[1]، درک ج. پرایس[2] یک ساعت نجومی چین را بررسی کرده‌اند، این ساعت را سوسونگ[3]، صاحب منصب عالیرتبهٔ امپراتوری در ۱۰۹۰ شرح داده است. ساختمان کلی این ساعت در جلد اول این اثر (صفحه ۳۴۵) آمده است. نویسندگان توجه خوانندگان را به‌ابزار تنظیم آن ساعت معطوف می‌دارند، که نوعی ابزار اولیهٔ چرخ دنگ در آن تشخیص داده می‌شود. این ابزار می‌تواند به سه سده پیش از ابزاری که در اروپای غربی در بالا از آن گفت‌وگو کردیم، تعلق داشته باشد. در ساعت چینی، نوعی چرخاب کاسه‌داری هم دیده می‌شود که در فواصل زمانی معینی پیش می‌رود. وزن هر کاسه که تا ارتفاع معینی، با جریان ثابتی از آب پر شده است، سبب باز شدن بندی می‌شود که در نتیجهٔ آن، چرخ طوری خواهد گشت که کاسه بتواند به حالت نخست خود بازگردد (شکل ۸۲).

این وسیلهٔ آبی منطقاً می‌تواند عمل چرخ‌دنگ را انجام دهد: وجود فرجهٔ زمانی‌که برای پرشدن حجم معینی از کاسه با سرعتی ثابت لازم است؛ شروع مجدد و خودکار عمل به مجرد گذشت فرجهٔ زمانی.

آقای دکتر ه. فون برتله[4] که تحلیل بالا از او گرفته شده است، دارای تحقیقات عمیقی دربارهٔ



شکل ۸۲.اصول ساعت دیواری سوسونگ (از نظر جوزف نیدهام و ...). چرخ دارای پره و نیز وسیلهٔ باز و بسته شدن طناب برای حرکت کاسه‌ها.

1. Wang Ling 2. Derek J. Price 3. Su Sung 4. H. von Bertele

ساعتهایی با «ساچمه‌های غلطان» است، که اصل کار آن شباهت شگفتی‌آوری با ساعتهای آبی (کلپسودرا) چینی دارد. ساعتهای دارای ساچمه‌های غلطان موجود در سدهٔ هفدهم، مکانیسمی پررمزوراز محسوب می‌شد، لیکن گویا نوعی تجدید حیات اندیشهٔ کهنه‌ای است. زمانی‌که برای کوتاه کردن «واحد زمان» تلاشهایی انجام گرفت، معلوم شد که ساچمهٔ غلطان بسیار آهسته می‌رود، اما ترکیب مکانیسم زنگ (که محققاً درگذشته با آن آشنا بودند) با سیستم رهاسازی و ضبط همراه با حرکت دهنده، چرخ دنگی به شکل فعلی آن ایجاد کردند.

درهرحال این نظر درست است که این ابزار آبی ساعت سوسونگ با اصول ساده اما مؤثری که بر مجموعهٔ چرخ‌دنگ و فولیو (شاهین ترازویی) حکمفرماست و پایهٔ پیشرفت کلی ساعت‌سازی پس از شروع سدهٔ چهاردهم شروع شد، هیچ‌ربطی ندارد.

احتمالاً نوعی همگرایی کاملاً تصادفی در میان بوده است یا اعمال نفوذ (از راه یک یا چند به‌اصطلاح «حلقهٔ مفقوده»)، اما هیچ‌چیز اجازه ندارد به اعتبار اصالت اختراع دنگ خدشه‌ای وارد آورد، اختراعی که مرحلهٔ کاملاً تازه‌ای در پیشرفت صنعت ایجاد کرد. این اختراع در پیوستگی کوششهای کورکورانه در ساعت‌سازی، برشی قطعی وارد آورد و دوران نوینی از تکامل صنعت ساعت‌سازی را پایه نهاد.

بلوغ محیط تکنیک: منطقی است اگر بگوییم که ساعت‌سازی مکانیکی در آغاز سدهٔ چهاردهم در مراکزی از صنعت که آمادهٔ پذیرفتن آن بودند، بسرعت شکفته شد. هنر مکانیسین این رشته در آن زمان آن‌قدر پیشرفته بود که بتواند از این اختراع جدید بهره گیرد، همچنان‌که تعدادی از وسایل دارای چرخ دنده و گاهی جعبه دنده‌های بسیار پیچیده نیز در آن زمان به‌مرحلهٔ بالایی از تکامل دست یافته بودند.

ما براساس بسیاری از مدارک قدیمی دانسته‌ایم، که گویا چینیها در این هنر در سده‌های دهم و یازدهم به استادی رسیده بودند. سنت دیگری که آن نیز تا سدهٔ یازدهم ریشه دارد، اسطرلاب‌سازی اعراب است، اما هیچ مدرکی در دست نیست که نشان دهد دانش این تکنیک از خاور دور یا خاور میانه به اروپا انتقال یافته باشد. بیشتر می‌توان احتمال داد که غرب مستقیماً و در مدت نسبتاً کوتاهی از تجربیات دانشمندان و مکانیسین‌های مسلمان بهره یافته باشد.

به‌هر تقدیر، تصاویر و ابزارهای متعددی از نمونه تقویمهای حرکتداری در دست هستند که مشکل تقسیم‌بندی، برش و آرایش چرخهای دنده‌دار برای آنها، تقریباً در اواخر سدهٔ سیزدهم به‌طور رضایتبخشی حل شده‌اند. ولی هیچ‌یک از این وسایل، چنانچه بدقت سخن گوییم، مکانیسم ساعت

را تشکیل نمی‌دادند، زیرا آنها با دست کار می‌کردند. مشکل به‌کارگرفتن نیروی حرکت دهنده و تنظیم آن در این مورد خاص حل نشده‌اند.

نخستین ساعت‌سازی واقعی تا پنجاه سال ۱۲۸۰ـ۱۳۳۰ (یعنی تا زمان اختراع چرخ‌دنگ) ایجاد نشده بود.

نخستین مراحل ساعت‌سازی مکانیکی

تکامل شناخته شدهٔ ساعت‌سازی مکانیکی حدود پنج سده، از سدهٔ پانزدهم تا به‌امروز ادامه داشته است. این تکامل از هر لحاظ درخور توجه می‌باشد: از نظر سیر همواره صعودی آن؛ از جهت رابطهٔ هماهنگ ابزار و تکنیک، از جنبهٔ زیبایی اختراعاتی که در جریان تکامل آن پدید آمده‌اند، از نظر تعداد، تنوع، شخصیت کسانی که عمر خود را وقف آن کرده‌اند، از پیشه‌ورانی آنچنان ماهر و کامل که باید آنها را هنرمند نامید، (لقبی که هنوز به کسانی که ساعتهای ظریف می‌سازند، اطلاق می‌شود) تا نابغه‌های جهانی. ساعت‌سازی مکانیکی به‌عنوان رشته‌ای از صنایع پرقدرت کنونی رونق یافت که ایجاد ثروت فراوان می‌کرد و درحالی‌که در مقیاس بشری باقی مانده بود، صنعتی بود که در آن دانش و نوآوری تکنسین و مهارت و هوشیاری پیشه‌ور در یک صحنه پیروز می‌شوند. محصولات زیبای صنعت ساعت‌سازی و ساعتهای قدیم (آونگهای زمان‌نواز و کره‌های سماوی پیچیده)، و نیز ساعتهای فعلی (ساعتهای چندکاره، ساعتهای بسیار ریز جواهرنشان)، همیشه تحسین و میل دارندگان و بینندگان خود را برانگیخته‌اند. کسانی که می‌توانند این گوهرها را بسازند یا تعمیر کنند، همیشه شخصیتی والا داشته‌اند. در ادوار گذشته آنها را با عنوان معجزه‌گر مفتخر می‌ساختند، و امروز به این نمایندگان عالیرتبهٔ عصر تکنولوژی، ادای احترام می‌کنند. در یک کلمه، می‌توان گفت ساعت‌سازی توفیقی است، که محققاً در حوزهٔ بسیار محدودی به‌دست آمده است، اما یک پیروزی بدون خدشهٔ نوع بشر، و این امر به بحث ما جنبهٔ بسیار عالی می‌بخشد.

از سدهٔ چهاردهم به شانزدهم: ساعت‌سازی مکانیکی، در پایان قرون وسطی درکشورهای متعددی از اروپای غربی «یکباره» پدید آمد. از نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم در ایتالیا و فرانسه، و از سدهٔ پانزدهم در همان کشورها و نیز بریتانیای کبیر و آلمان شواهدی از ساعت به‌دست آمده‌اند. اشیایی که نگاهداری شده‌اند، بندرت قدمتی بیش از سال ۱۵۰۰ (رقم گرد شده است) دارند.

همان‌طورکه در بالا اشاره شد، این پیدایش «یکباره» مطمئناً اصطلاحی غیرعلمی است. نمونه‌های اولیه از میان رفته‌اند و قربانی جنگهایی بوده‌اند که پیوسته در اروپا شعله می‌کشیدند.

مدارک نوشتاری نادر می‌باشند، و این امر تا حدی بدین علت است که مردمان فرهیختهٔ آن زمان از «صنعت» که در نظر آنان وظیفه بردگان بود، نفرت داشتند. مع‌ذلک می‌توان در مورد وضع تکنیک در زمانی کمی پیش از قدیمیترین ساعتی که اکنون موجود است، حدسهای تقریباً صائبی زد، بدون اینکه از یاد ببریم که ممکن است سندی کشف شود که مانند بعضی فسیلها، بحث در مورد این مسأله را از نو سبب شود.

تکامل ساعت: از همان آغاز سدهٔ شانزدهم، که مدارک مادی از آن دوره فراوان است، زیادی تعداد و پیشرفتهای کار ساعت‌سازی، فراوانی وسایل و طرحهایی که در خدمت این صنعت بوده‌اند، شگفتی‌آور است. در نتیجه، این صنعت با سرعتهای بسیار متفاوتی تکامل یافت: گاهی به آهستگی تمام و یا تنها جزیی از آن، پیشرفتی داشته است و زمانی این پیشرفت خصلت نوعی انقلاب را بخود می‌گرفت، حالتی که پس از هر اختراع بزرگ دیده می‌شود. در ردیف نخست این اختراعات، کارهای کریستیان هویگنس بود: پاندول (آونگ) ۱۶۵۶ـ۱۶۵۷، فنر تنظیم کننده ۱۶۷۵. این دو اختراع بروشنی در دو دورهٔ تاریخ ساعت‌سازی وکرونومتری اتفاق افتادند: نخست، مرحلهٔ شکلبندی، آزمایشهای کورکورانه و تجربه‌های غیر هشیارانه است؛ سپس نوبت تکامل سیستم پاندولی (آونگی) و دنبالهٔ افتخارآفرین آن است که دو سده و نیم ادامه می‌یابد تا اینکه فیزیک نوین و الکترونیک کار ساعت‌سازی را بر پایهٔ نوی گذاشتند، همچنان‌که همهٔ تکنیکها و رشته زمانسنجی و بالاخره همهٔ بدنهٔ دانش را نوسازی کردند. به‌همین دلیل است که اختراعات هویگنس و سالیان پایانی سدهٔ هفدهم برای این بررسی ما، نقطهٔ پایانی هستند.

چنانچه از نظر جغرافیایی مطلب را بررسی کنیم، باید گفت که ساعت‌سازی مدت درازی در محدوده اروپای غربی ماند. در آغاز تاریخ آن، دربارها ـ دربار انگلستان، فرانسه و دربار امپراتوری ـ بودند که گویا کانونهای اصلی تبلور این صنعت شدند. گفتیم «گویا»، زیرا هنرمندان، که سفر برای آنها آسان بود، با روابطی کم و بیش انعطاف‌پذیر به چند شخصیت بزرگ بستگی داشتند و در هر مسافرت هنر خود را در شهرهای تقریباً مهم به‌نمایش می‌گذاردند، و پس از کوچ به محل دیگر، شاگردانی که کار آنها را فراگرفته بودند، آن هنر را ادامه می‌دادند. به‌همین دلیل است که مرکز «اولیه» این صنعت به‌طورکلی انگلستان، فلاندر، آلمان مرکزی و جنوبی، بوهمیا، فرانسه، ایتالیای شمالی و مرکزی بودند. ساعتهای دیواری بلوا و اوگسبورگ درخشش خاصی دارند. بعدها نوعی تراکم محلهای ساعت‌سازی پدید می‌آید و از آن میان می‌توان از: لندن، پاریس، ژنو که مراکز ممتازی بودند، نام برد.

حرفهٔ ساعت‌سازی: ساعت‌سازی از آغاز تا پایان سدهٔ هجدهم در محدودهٔ نظام صنفی گسترش یافت. یک طبقه‌بندی اکید، شاگرد، کارورز، استادکار بر آن مسلط بود و کنترل شدیدی بر کیفیت ساعت، بوسیلهٔ بازرس صنف با موفقیت اعمال می‌شد لیکن پیوسته، همچون مهاری بر افزایش کمیت آن عمل می‌کرد. دورهٔ شاگردی طبق نظر هیأت اصناف از پنج تا هشت سال ادامه می‌یافت و ارتقاء به مقام استادکاری، منوط به ساخت «شاهکاری» می‌شد، که تقریباً در همه‌جا یک ساعت شماطه‌دار بود. از میان مشهورترین صنوف ساعت‌سازی می‌توان از صنف پاریس (نخستین آیین‌نامه آن در سال ۱۵۴۴ بود)، صنف بلوا (آیین‌نامه ۱۵۹۷)، ژنو (آیین‌نامه ۱۶۰۱) و شرکت ساعت‌سازان Clockmakers Company در لندن (که ثبت آن از سال ۱۶۳۲ تا امروز ادامه داشته است)، نام برد. چنانچه شاهکار الزامی برای استادکار شدن، ساختن یک ساعت کامل طبق طرح از «کالیبر» (چرخدنده‌ها) تا حکاکی روی قاب ساعت بود، در عمل نوعی تقسیم کار بسیار پیشرفته رعایت می‌شد. کارگاهها، غالباً خانوادگی و در آنجا هرکس مسؤول ساختن یک قطعه بود و آن را برای کارهای نهایی به استادکار می‌داد. استادکار اصلاحات لازم را در آنها به عمل می‌آورد و قاب ساعت را می‌ساخت و امضا می‌کرد (معمولاً هم روی موتور و هم روی صفحهٔ ساعت).

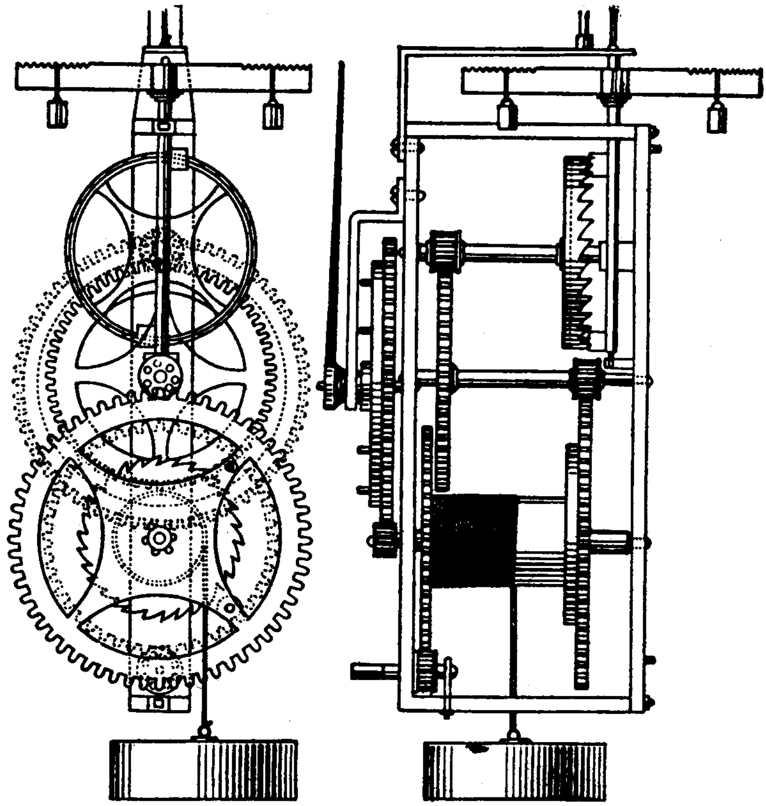
اهمیت صنعت ساعت‌سازی: در مجموعهٔ تکنولوژی صنعت ساعت‌سازی چه مقامی دارد؟ نقش آن در پیشرفت کلی علوم، بویژه نجوم و شکلگیری رشته مترولوژی (اوزان و مقیاسات) تا چه اندازه است؟ تأثیری که در شناختن شکل زمین و از طریق دریانوردی داشته، چقدر است؟ و سرانجام باید گفت که صنعت ساعت‌سازی به یک نیاز اساسی زندگی نوین پاسخ داده است. همه اینها بی‌شبهه اهمیت دارند و تلاشی را که در این راه انجام گرفته توجیه می‌کنند. اما مسائل دیگری هم هست: پیشرفت ساعت‌سازی در مجموعهٔ تمدن صنعتی، اهمیتی بسیار فراتر از نتایج مستقیم آن داشته است. کار ساعت‌سازی، که زمینهٔ مساعدی برای پیدایش مخترعان، ذهنهای کنجکاو و هنرمندان قابل بود، تبدیل به‌نوعی آزمایشگاه تجربی و مجموعه‌ای از مدلها گشت که در آن اغلب اجزای حرکتی که تشکیل موتور ساعت را داده بودند، با گسترده‌ترین معنی کلمه، پیشرفت کردند و تکامل یافتند. وانگهی باید گفت که رشتهٔ اتوماسیون در میان جمع ساعت‌سازها پدید آمد؛ نخست به‌شکل اولیهٔ مکانیسم زنگ ساعت، سپس به‌عنوان اتوماتهایی با دوره‌ای بیش از پیش پیچیده، که سرانجام به «کنترل» به‌معنای فعلی خود رسید. صنعت ساعت‌سازی از طریق اشخاص، افکار و مدلهایی که ارائه می‌شد در جهان ماشینها، نقش کاتالیزوری داشت که اهمیت آن با حجمش هرگز قابل مقایسه نیست.

عناصر سازندهٔ ساعتهای مکانیکی

نیروی محرکه: هرکس تا اندازه‌ای ساعتی قدیمی را باز، و یا شماطهٔ آن‌را «تعمیر» کرده است. عناصر اصلی تشکیل دهندهٔ ساعت بدون تغییر بوده‌اند و مردم با آنها آشنا هستند. نیروی محرکه ساعت، فنری است که در یک استوانه جای دارد و حدود نصف حجم آن را گرفته است. این فنر چند دور پیچیده شده است که تعداد این دورها بین ۵ و ۶ یا ۱۲ و ۱۵ تغییر می‌کند و بازشدن، فنر «گشتاور محرکهٔ» خود را به چرخدنده‌ها منتقل می‌کند. مقدار گشتاور محرکه خیلی ثابت نیست، چنانچه فنر خوب پیچیده باشد، مقدار آن بسیار است و بتدریج که فنر باز می‌شود، مقدار آن کاهش می‌پذیرد و به‌طورکلی در پایان، حالتی که می‌تواند چرخ را حرکت دهد مقدار این نیرو به‌نصف میزان اولیه رسیده است. وزنه‌ای که در ساعتهای قدیمی، که هنوز هم گاهی مورداستفاده هستند، دیده می‌شود، کمتر از فنر مناسب می‌باشند و بیشتر اسباب دردسر می‌شوند، اما ثابت ماندن نیروی محرکه‌ای که آنها دارند، در هیچ مکانیسم دیگری وجود ندارد (شکل ۸۳).

چرخدنده‌ها: موتور ساعت از یک ردیف حرکت دهنده ـ چرخ دنده‌های بزرگ و کوچک ـ تشکیل شده است. چرخدنده‌ها، حرکت را به عقربه‌ها انتقال می‌دهند و پنج یا شش دوری که استوانهٔ حامل فنر در جریان باز شدن فنر انجام می‌دهد به سه هزار دور برای عقربهٔ دقیقه‌شمار (حدود ۴۸ ساعت) تبدیل می‌شود. ذهنهای کنجکاو توجه داده‌اند که ساعت از نظر انرژیتیسم «ماشینی با بازده صفر» است: همهٔ انرژی متمرکز در فنر به‌طورکامل در مالش از میان می‌رود؛ گرچه مالش را به حداقل رسانیده‌اند، اما باز وجود دارد و هیچ کار سودمندی به‌دست نمی‌آید. لیکن رسالت ساعت، کار نیست، بلکه دادن «اطلاعات» است. اصلاحات پیوسته‌ای که در سیستم چرخدنده و فنر ساعت انجام می‌گیرد، برای این است که فنری با حجم معین ساعت را برای مدت مدیدی به‌کار وادارد؛ ایجاد کار «خارجی» اضافی نمی‌کند، بلکه بیشتر «اطلاعات» می‌دهد.

برای اینکه هر گردش «حرکت دهندهٔ نهایی» در زمان کاملاً معینی انجام گیرد (یک دقیقه، اگر این حرکت دهنده مربوط به چرخ دقیقه باشد)، یک ناظم لازم می‌شود: وسیله‌ای که باید حرکت متناوب داشته باشد، زیرا فقط چنین حرکتی (تا کنون شناخته شده) است که می‌تواند همراه با یک زمان خاص نسبتاً مستقل از دامنهٔ نوسان باشد (این خاصیت با اصطلاح ایزوکرونیسم یا ثبوت زمانی معرفی شده است). ما اکنون از وسیلهٔ ناظم استفاده می‌کنیم و بعدها هم استفاده خواهیم کرد. این ناظم در سدهٔ هفدهم، با چند سال فاصله بوسیلهٔ هویگنس اختراع شده است: از یکسو پاندول (لنگر) که نیرویی که آن را به حالت نخست بر می‌گرداند، گرانش است؛ و از سوی دیگر



شکل ۸۳.ساختار کلی یک ساعت دیواری وزنه‌ای اولیه (تصویر از ف. برتو) در بالا، ناظم حرکت؛ در زیر آن چرخ‌دنگ؛ در پایین، چرخ و وزنهٔ حرکت دهنده؛ بین آنها چرخدنده‌ها قرار گرفته‌اند.

رقاصک حلقوی (چرخ لنگر) است که یک فنر مارپیچ آن را حرکت می‌دهد.

ناظم حرکت: موتورساعت، که فنر آن را فعال می‌سازد به‌گردش پیوسته‌ای میل می‌کند: حرکت ناظم اساساً رفت و برگشتی است. مکانیسم خاصی با نام «چرخ‌دنگ» این تضاد آشکار را، با ایجاد نوعی حرکت «متناوب» در چرخدنده‌ها حل می‌کند. این حرکت از دورانهای کوتاهی تشکیل شده است که با زمانهای توقف از یکدیگر جدا می‌شوند. مدت این دورانها بوسیلهٔ ناظم حرکت تثبیت شده است. ناظم حرکت مخصوصاً مسؤول لحظاتی است که چرخ دنده‌ها «فرار» می‌کنند. در اثر این فرار در هر نوسان کمی نیروی محرکه برداشته می‌شود تا اینکه حرکت متناوب ناظم «حفظ» شود. ناظم اگر به‌حال خود گذاشته می‌شد در اثر مالش، حرکتش آهسته و سرانجام

می‌ایستاد. «دامنهٔ» حرکتی که ناظم مسؤول آن است، بستگی به تعاون بین نیروی محرکه و نیروهای هدر رونده دارد. هر اندازه که نیروی محرکه در اثر هدر رفتن پیوسته، کاهش پذیرد، دامنهٔ حرکت کوتاه می‌شود و اگر مالش افزایش یابد و نیروی محرکه بدون تغییر بماند، باز دامنهٔ حرکت کوتاه می‌شود. اگر ایزوکرونیسم اکید بود این تغییرات دامنه، روی زمان تناوب هیچ انعکاسی نداشت؛ لیکن نظری هم وجود دارد که: ایزوکرونیسم، حتی با ناظمها هم وجود ندارد، و ایزوکرونیسم اکید در این مورد اصلاً معنی ندارد (قضیه‌ای که در سال ۱۹۳۳ بوسیلهٔ ژ. هاگ[1]، ثابت شده است). بدین دلیل اصلاحاتی که در سیستم رقاصک مارپیچی وارد شده است، اصولاً برای نزدیکتر شدن هرچه بیشتر به این حالت، دست‌نایافتنی است. طبیعتاً تقریبی ظریفتر از تقریبهای موجود بسیار دشوار خواهد بود و پدیده‌های نوین یا عواملی را پیش می‌آورد که در گذشته، گمان آن هم نمی‌رفت.

وظایف اضافی: علاوه بر وظیفهٔ اساسی در هر ساعت (چه دیواری و چه جواهرنشان)، وظایفی علاوه‌بر نشان دادن سادهٔ زمان وجود دارد. رایجترین این وظایف زنگ زدن و شماطه است. زنگ ساعت امروزه معمولاً ساده است و زنگهای قدیمی «زنگهای بزرگ» (تکرار زمان گذشته پس از هر ربع ساعت، یا برای هر ۲۴ ساعت و برای ساعتهای شب و زنگ زدن بنا به خواست برای اطلاع از ساعت و ربع ساعت و حتی دقایق) هواخواه بسیار ندارند.

پس از آن نوبت به تقویمها (نشان‌دهندهٔ ماه، یا روز هفته و ماه)، «اطلاعات نجومی» (سال و اهلّه قمر و حتی ستارگان بسیار مفصّل می‌رسد)؛ در زمان اخیر انواع زمانسنجها (کرونوگرافها) (ثانیه‌شمارهایی که بدلخواه ما حرکت و توقف دارند، با مکانیسمهای ساده یا پیچیده) و ساعتهای خودکار (بدون کوک) وجود دارند.

برخی از این پیچیدگیها چنان در زندگی روزمرهٔ ما ریشه دوانیده‌اند، که کمتر متوجه آنها می‌شویم؛ برخی بسیار تفننی هستند؛ تعدادی متروک شده‌اند. همهٔ اینها گواه ذهنهای نوآور و همیشه ناخرسند ساعت‌ساز خلاق است که از زمان قدیم پیدایش آنها آشکارا وجود داشته است. این گفته در حقیقت با نوعی تناقض برخورد می‌کند که در بین کهنه‌ترین نمونه‌های شناخته شده از ساعتهای دیواری و جیبی، ساعتهایی یافت شده‌اند که مجهز به‌ابزارهایی برای نشان‌دادن اطلاعات نجومی بسیار پیچیده می‌باشند.

---

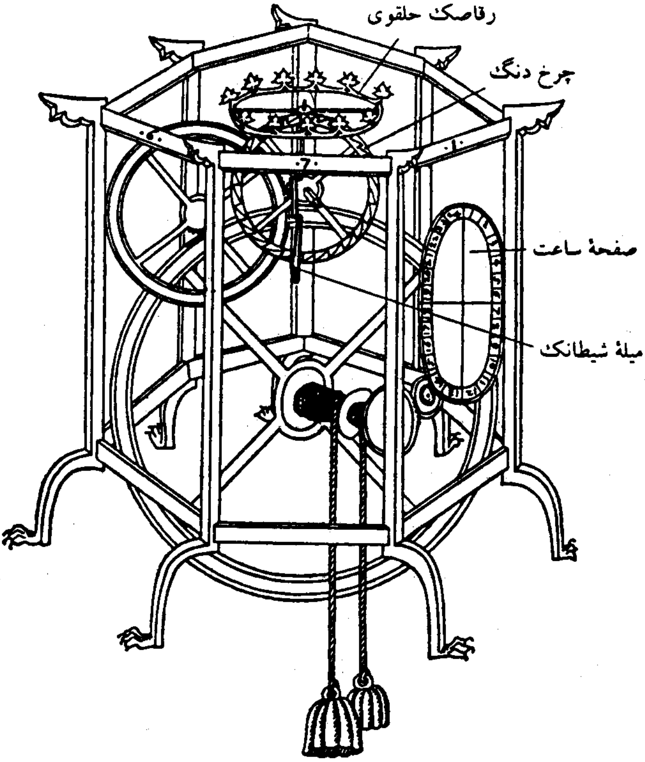
1. J. Haag

اجزای اولیهٔ ساعتهای مکانیکی

اجزای تشکیل دهندهٔ ساعت را می‌توان در قدیمیترین ساعتهای موجود شناخت. این گفته بمنظور کم اهمیت جلوه‌دادن پیشرفتهای ایجاد شده در این صنعت نیست، بلکه هدف نمایاندن نبوغ مخترعان آنهاست.

ساعتهای نخستین: ما تقریباً هیچ‌یک از این مخترعان را نمی‌شناسیم، همین بی‌اطلاعی در مورد رشته‌های متعدد دیگری از صنایع نیز وجود دارد. آنها بدون هیچ شکی در نسلهای زیادی پراکنده بوده‌اند و تا گذشته‌های دور ریشه دارند. برای تاریخ پیدایش عناصر مکانیکی ساعت مانند اهرمها، شیطانک، گیره‌ها، چرخدنده‌های ضامندار و چرخدنده‌ها، نمی‌توان تاریخی را معین کرد. محقق است که مهندسان یونان و اسکندریه با آنها آشنا بوده‌اند و بعضی از آنها را از مصریان یا شرق اقتباس کرده بودند. انتقال سنت مکتب اسکندریه به جهان غرب، چه مستقیم و چه غیرمستقیم و با واسطهٔ اعراب (سازندگان بزرگ ساعت آبی و انواع اسطرلاب)، همین‌طور دادوستدهای اجتماعی اعراب با چین، همان‌طورکه توجه داده‌ایم، از جمله مسائل حل ناشده می‌باشند. برای اینکه در چارچوب اسناد مثبت در این زمینهٔ محدود باشیم، ما چند ساعت متعلق به سدهٔ چهاردهم را معرفی می‌کنیم؛ از جمله با ساعت موجود در روان با نام «Gros Horloge» ساخت سال ۱۳۷۹، ساعت کلیسای جامع سالیسبوری ساخت سال ۱۳۸۶، ساعت کلیسای جامع ولز ساخت سال ۱۳۹۲ برمی‌خوریم. متأسفانه اظهار این ادعا، که ساعتهای نامبرده نخستین ساعتها می‌باشند، بسیار دشوار است. به‌نظر نمی‌رسد که دربارهٔ قاب فولادی آنها چیز دندانگیری بدانیم. محقق است که چرخدنده‌های آنها بارها تعویض و اصلاح شده‌اند (این ساعتها فعلاً دارای پاندول (لنگر) هستند که در سدهٔ هفدهم به آنها اضافه‌شده است). تصویر بسیار دقیقی از یک ساعت نجومی متعلق به سال ۱۳۶۴ در دست است که جووانی دوندی آن را در پادوا رسم کرده است (این موردی استثنایی است که نام آن مشخص است). چندین دست‌نویس دارای طرحهای متعدد وجود دارند و یک بررسی بسیار کامل از آنها را در سال ۱۹۵۵ آقای لوید انجام داده است. ساعتی که به اسپانیا برده شده بود، در جنگهای با ناپلئون از میان رفت. این ساعت بسیار پیچیده بود و حرکت ظاهری ماه، خورشید و سیارات را نشان می‌داد. متن و تصویرهای این دست‌نویس دربارهٔ حرکت عقربهٔ ساعت‌شمار، اطلاع قابلی به‌دست نمی‌دهد. دلیل این کمبود را می‌توان چنین گفت که این قسمت از ساعت کاملاً معمولی و در ایتالیای آن زمان بسیار شناخته شده بود (شکل ۸۴).بهترین تصویر موجود از ساعتهای سدهٔ چهاردهم را می‌توان تصویری دانست که از قلعهٔ دوور[1] به‌دست آمده است و در

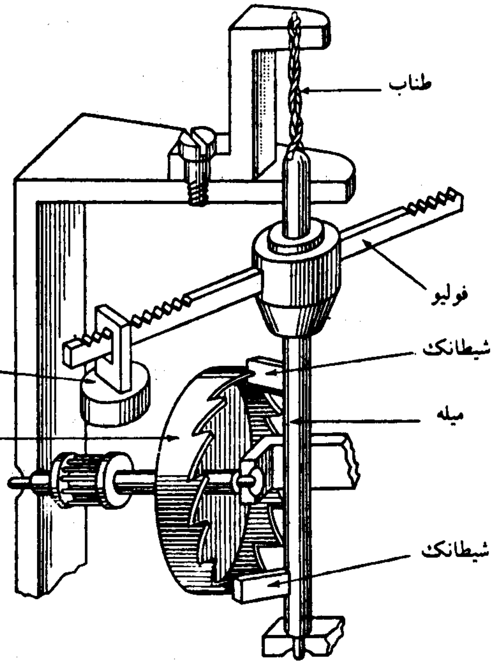
۱. Douer بندری در جنوب شرقی انگلستان در ایالت کنت.



شکل ۸۴. تصویر ساعت دیواری جووانی دو دوندی: ساختار کلی مکانیسم ساعتی؛ بدون منضمات نجومی (از نظر آلن‌لوید).

ساینس میوزیم لندن نگاهداری می‌شود. چنین می‌نماید که بخشی از آن بازسازی شده است، اما این بازسازی با امانت بسیار و بدون هیچ تغییری انجام گرفته است.

چرخ‌دنگ: این ساعتها دارای وزنهٔ حرکت‌دهنده هستند و ریسمان آنها روی یک دستگاه چرخ و طناب می‌پیچد و چرخدنده‌ها را حرکت می‌دهد. چرخدنده‌ها عقربه‌ای را روی صفحه‌ای با ۱۲ یا ۲۴ نشانهٔ ساعت می‌گرداند. وسیله‌ای که نقش ناظم را به‌عهده دارد، شایسته این نام نیست و این وظیفه را از دور انجام می‌دهد. فولیو شباهت به‌نوعی شاهین ترازو دارد، اما حول یک محور عمودی نوسان می‌کند، و بوسیلهٔ چرخدنده‌ای به‌شکل مخصوص، بتناوب به راست‌وچپ می‌پرد و چرخ دنگ که بر شیطانکهای واقع بر روی محور یا میله عمل می‌کند. این وسیله دورهٔ نوسان ندارد؛ بنابراین ایزوکرونیسم نیست. وزنه هرقدر سنگینتر باشد، ضربات آن سریعتر است و فولیو بیشتر



شکل ۸۵.جزئیات فولیو و چرخ دنگ (از روی طرح م. ر. شالتا Chaléat).

به‌عنوان وسیلهٔ کُندکنندهٔ سقوط وزنه عمل می‌کند تا یک ناظم. بدین‌ترتیب این مکانیسم را باید یک اختراع واقعی دانست و به عنوان تولد واقعی ساعت مکانیکی بدان نگریست (شکل ۸۵).

دومین اختراع، که نه از تاریخ و نه از محل پیدایش و نه از مخترع آن اطلاع داریم، اختراع فنر حرکت دهنده است، وسیله‌ای که توانست ساعت دیواری را به ساعت قابل حمل و از آن به ساعت جیبی تبدیل کند و این تبدیل در سلسله مراحلی صورت گرفته است که تعیین دقیق آنها میسر نیست. اختراع مهم دیگر قرار دادن این فنر داخل جعبه استوانه‌ای است تا آن را حفظ کند و تا حدودی عمل بازشدن آن را منظمتر گرداند.

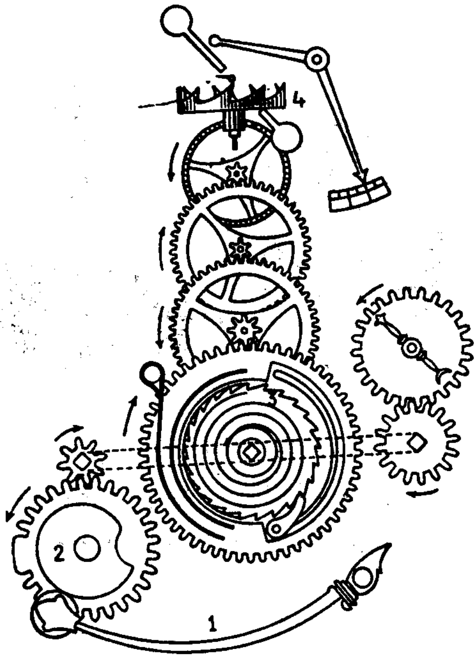
پیدایش ساعتهای رومیزی نخستین در فرانسه و در زمان سلطنت لویی یازدهم انجام گرفت، اما نخستین ساعتهای جیبی حدود سال ۱۵۰۰ ساخته شد. ساعتهای جیبی نخستین‌بار در کجا ساخته شدند؟ آیا در نواحی درهٔ لوار در جریان حکومت والواها[۱]، در آلمان جنوبی، در اوگسبورگ یا نورمبرگ، یا در جاهای دیگر؟ به پرسشهای بالا هیچ پاسخ قطعی نمی‌توان داد. آیا عاقلانه‌تر نیست

۱. Valois شاخه‌ای از کاسپینها که از سال ۱۳۲۸ تا سال ۱۵۸۹ بر فرانسه سلطنت می‌کردند.

که بگوییم، گذر از ساعتهای کوچک به ساعتهای بسیار کوچکتر و از آنها به ساعت جیبی و مچی در مراکز مختلفی انجام گرفته است، که در آن مراکز بین هنرمندان متعدد تب رقابت شدید برقرار بوده و بدون ارتباط با یکدیگر، همزمان موفقیتهایی داشته‌اند؟

استاکفرید و امرود: فقدان ایزوکرونیسم (ثبوت زمانی) هر ساعت دیواری نقص بزرگی است، اگر هم دارای ثبات وزن و استمرار شرایط کارکردن باشد؛ اما این فقدان چه تأثیری در ساعتهای جیبی دارد؟ مدت زیادی از ساختن ساعت جیبی نگذشته بود، که احساس شد لازم است با هر قیمتی که شده برای این نقص اساسی راهی پیدا شود. یکی از نخستین راه‌حلهای پیشنهاد شده که بسیار هم ناقص بود، تجهیز فنر حرکت‌دهنده با ترمزی بود که روی یک کفشک لنگ عمل می‌کرد، به‌طوری که مالش، روی فنری که شدیداً جمع شده، حداکثر است و با کاهش نیروی محرکه از آن کاسته می‌شود. این وسیله با اصطلاح انگلیسی استاکفرید Stackfreed شناخته شده است، اما از آن تنها در ساعتهای ساخت آلمان در سدهٔ شانزدهم و تا کمی پس از سال ۱۶۰۰ استفاده می‌شد (شکل ۸۶).راه‌حل دوم بر خلاف نخستین، از نظر تئوری کامل است. با این راه‌حل انتقال گشتاور ثابتی به دستگاه چرخدنده از طریق امرود ـ قرقره‌ای با شعاع متغیر ـ در تمام مدت باز شدن فنر امکان‌پذیر می‌شود (شکل ۸۷)،زمانی‌که فنر کاملاً پیچیده شده است از طریق یک ریسمان کوچک (بعدها یک زنجیر کوچک) بر بخشی از امرود که کوچکترین شعاع را دارد، عمل می‌کند، و به‌نسبتی که گشتاور کاسته می‌شود، امرود در نقطه‌ای دارای شعاع بیشتر درگیر می‌شود. چنانچه شکل امرود با فنر بخوبی تطبیق داده شده باشد این رابطه احتمالاً کامل خواهد بود. این اختراع واقعاً زیرکانه نیز بانی ناشناخته‌ای دارد (گرچه برپایهٔ برخی طرحهای لئوناردو، او را می‌توان پایه‌گذار این اختراع نامید، شکل ۸۸) و بین سالهای ۱۵۰۰ـ ۱۵۵۰ پدید آمده است و کاربرد آن بسرعت در همهٔ ساعتهای جیبی رواج یافت و تا سال ۱۸۵۰ به‌کار می‌رفت. ایزوکرونیسم نوین، امرود را غیرلازم (بی‌شبهه بسیارگران) ساخته است و دیگر در ساعتها دیده نمی‌شود؛ اما در کرونومتر کشتیها هنوز به‌کار می‌رود. امرود نمونهٔ خوبی از اختراعی است که بیش از چهار سده دوام نیافت.

پایداری اجزا: نمونه‌ای که از این هم جالبتر است، زنگ ساعت می‌باشد، منشأ زنگ نیز معلوم نیست و در کهنترین ساعتهای دیواری آن را همان‌طورکه امروز می‌سازند، می‌توان دید؛ جز اینکه ترتیب و بعضی جزئیات آن تغییر یافته است. به‌نظر ما این مکانیسم را باید با احترام نگریست؛ نه‌تنها از لحاظ قدمتی که دارد، بلکه بدین جهت که زنگ ساعت نخستین نمونهٔ مکانیسمهای برنامه‌دار است که حرکتهای مختلفی را اجرا می‌کند، که هر یک نتیجهٔ قبلی و علت بعدی است و خودکاری



شکل ۸۶.مکانیسم اجمالی ساعت بغلی استاکفرید. در بالا فولیو و چرخ دنگ ۴، (با انگشتی محدود کننده دامنه که ناظم حرکت است). در پایین، فنر همراه وسیلهٔ ضامندار برای کوک کردن آن ۳، و استاکفرید؛ کفشک سر فنر، ۱، با بادامک لنگ ۲، اصطکاک می‌کند.

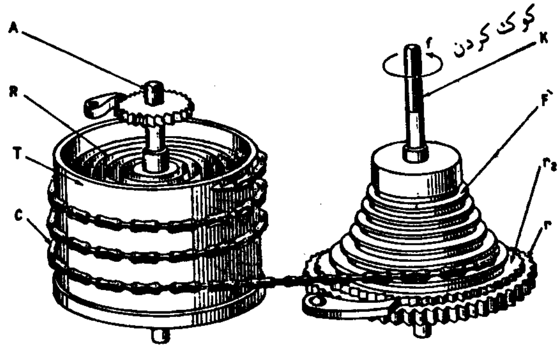
متوالی چیزی جز تکامل مکانیسم زنگ نیست.

اختراع مکانیسم شماطه در اعماق کور تاریخ ناپیداست، کهنترین ساعتهای شناخته شده مجهز به زنگ و شماطه هستند.

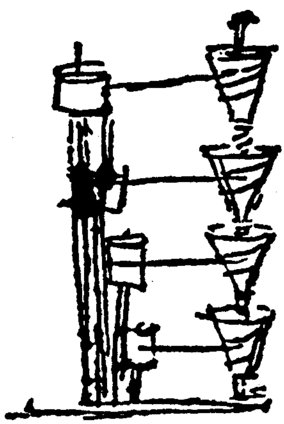
خدمات دیگر ساعت نیز بسیار قدیمی می‌باشند: اهلّهٔ ماه و تاریخهای گوناگون از همان اواخر سدهٔ شانزدهم در ساعتها دیده می‌شوند.

چنین مکانیسمی به‌طورکلی تا پیدایش هویگنس دست نخورده باقی ماند. مع‌ذلک تعدادی اختراعات جزیی به‌آن افزوده شد. این اختراعات روح جست‌وجوگر و هشیار استادان ساعت‌سازی را گواهی می‌دهند و تاریخگذاری ساعتهای دیواری و جیبی را ممکن ساخته‌اند.

بدون اینکه به جزئیات امر وارد شویم، ابزارهای تنظیم ساعت بوسیلهٔ دامنهٔ فولیو و مکانیسم کشش و تنظیم زنجیر امرود را لااقل باید ذکر کرد.



شکل ۸۷.امرود، اجرای کنونی آن، (تصویر از م. ر. شالتا). کوک کردن آن بوسیلهٔ K و در جهت پیکان f انجام می‌گیرد: زنجیر روی امرود F پیچیده می‌شود و فنر R سفت می‌شود. در زمان بازشدن فنر، زنجیر روی طبلک، T، پیچیده می‌شود وامرود را می‌کشد. A میلهٔ چهارگوشی است که فقط برای تنظیم کشش زنجیر از آن استفاده می‌شود.



شکل ۸۸.طرحی از لئوناردو. در این کروکی احتمالاً نوعی امرود نشان داده می‌شود. با این همه معلوم نیست چرا تعداد زیادی از آن را تصویر کرده است؟

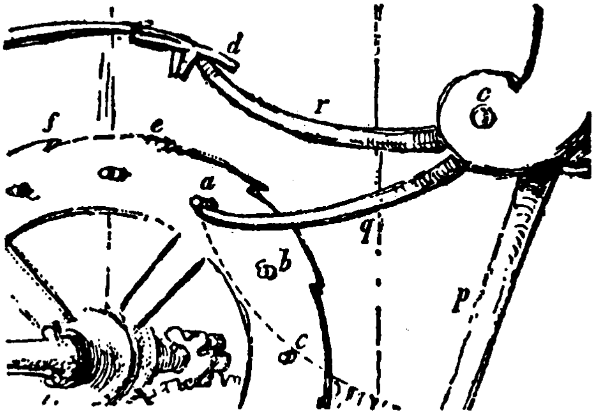
تولید و تزیین: بررسی ساعتهای سدهٔ شانزدهم بویژه از لحاظ هنر تزیین اهمیت دارد و زینتهای بسیار عالی دارند. این ساعتها را می‌توان نوعی جواهر، اشیاء لوکس و نشان ثروت بی‌حساب دارندگان آنها دانست. ساعتهایی که از جنس فلزات قیمتی بوده‌اند، ندرتاً تا زمان ما مانده‌اند، ارزانترین آنها از مس، نقره و بلورهای سنگی و دارای اشکال و زینتهای بسیار متنوعی بودند. این ساعتها بسیار لوکس بودند و کوچکترین قطعهٔ مکانیسم آنها هم تزیین می‌شد، همیشه یک عقربه داشتند و آن هم بسیار ظریف بود.

گروه زیادی از امضاءکنندگان ساعتهای دیواری ساخت اوایل سدهٔ شانزدهم شناخته شده‌اند، گرچه برخی از آنها اکتفا به رمزهای حرفی کرده‌اند و شناسایی آنها بسیار دشوار است. ما با طرز زندگی و کار این هنرمندان بسیار آشنا هستیم. طرز ساعت‌سازی در این سده به‌طورکلی چنین بود. سازندگان ساعت که در آن زمان به‌یقین از نوعی تقسیم کار برخوردار بودند، قطعات موتور ساعت را به‌شکل خام و نیمه تمام می‌ساختند و به استادکار تحویل می‌دادند. استادکار، آنها را اصلاح، تزیین، تذهیب و قاب ساعت را امضاء می‌کرد. مجموعه‌ای از اشکال زینتی برای استفاده و بازسازی در اختیار حکاک قرار داشت. در مجموع، هر ساعت را می‌توان کار تقریباً یک ماههٔ یک کارگر دانست، گرچه دستهای زیادی در ساخت آن شریک بودند.

اما این ساعتها تا چه اندازه دقیق بودند؟ پرسشی که پاسخ به‌آن ساده نیست. این ساعتها ظاهراً در هر شبانه‌روز نیم تا یک ساعت با وقت حقیقی اختلاف پیدا می‌کردند و وقت حقیقی با شاخص تعیین می‌شد. هرچند که این نتایج کمی خنده‌آور است، اما از مشکلات کار حکایت می‌کنند.

اختراعات اصلی

برای حرفهٔ ساعت‌سازی، سدهٔ هفدهم سالهای اختراعات بزرگی بوده است که این حرفه را از مرحلهٔ تجربی، وارد حوزهٔ علمی کرد و رشته زمانسنجی را برپایهٔ محکمی بنا گذارد. شگفتی‌آور است که دو تا از مهمترین اختراعات با فاصلهٔ چند سال بوسیلهٔ یک نفر ـ کریستیان هویگنس (۱۶۲۹ ـ ۱۶۹۵) ـ انجام گرفت که گرچه ریاضیدان و منجم بوده است، اما هرگز ساعت‌سازی نکرده بود. این دو اختراع در حقیقت یک کار را می‌کنند، زیرا ترکیب آنها وظیفهٔ ناظم حرکت را انجام می‌دهد که واجد دورهٔ تناوبی ویژه‌ای هستند، و در نتیجه در تقریب نخست، حالت ایزوکرونیسم دارند. چنانچه در حوزهٔ عمل، اختراع پاندول (لنگر)، انقلابی در ساعت‌سازی بود، در حوزهٔ تئوری، این اختراع گام مهمی به پیش، به‌سوی بنای مکانیک منطقی بود. نباید از یاد برد که پاندول مدتهای



شکل ۸۹.بازسازی چرخ‌دنگ گالیله (از نظر ل. دفوسه). یک چنگال r, q بخشی از پاندول p است. زمانی‌که پاندول به چرخ حرکت دهنده نزدیک می‌شود، شاخهٔ r ضامن d را بلند می‌کند؛ این چرخ می‌گردد و قلاب a با رد کردن شاخهٔ q به پاندول p ضربه‌ای وارد می‌سازد.

زیادی پیش از کشف قوانین کلی آن و اختراع معادلات دیفرانسیل، که اکنون این همه طبیعی و تا این اندازه لازم برای حل همه مشکلات دینامیک به‌نظر می‌رسند، به‌کار می‌رفت.

پاندول (لنگر): کشف ثبوت زمانی نوسانات پاندول، از آن گالیله (۱۵۶۴ ـ ۱۶۴۲) است. که این ایزوکرونیسم را تغییرناپذیر می‌پنداشت. گالیله برای اینکه فرجه‌های کوتاه زمانی را بسنجد، نوسانهای یک پاندول آزاد را مستقیماً برشمرد. کاملاً نمایان است که گالیله در اواخر زندگی خود، در فکر ساختن یک مکانیسم ضبط و شمارش بود که بتواند در ساعت عمل کند. پسر او وینسنت[1] به ساختن چنین ساعتی تصمیم گرفت، اما از عهدهٔ آن برنیامد. تنها طرحی اجمالی از کار او باقی مانده است و چند اقدام برای بازسازی آن شده است (ن.ک. به فصلهای چهارم و ششم کتاب: *Les savants du XVII siecle et la mesure du temps,* لوزان ۱۹۴۶؛ همچنین شکل ۸۹).

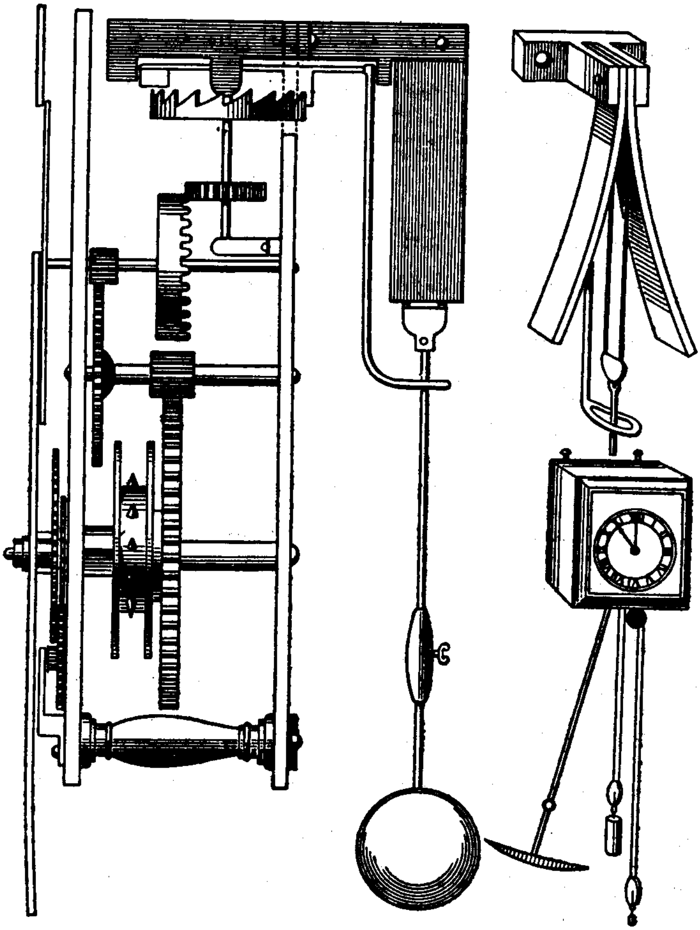
همهٔ پاندولهای ساعت، اقتباس از پاندول ساخت سالومون کوستر[2]، ساعت‌ساز مقیم لاهه با راهنماییهای هویگنس در سال ۱۶۵۷ است. این وسیله در موزهٔ تاریخ علوم در لیدن نگاهداری می‌شود. جالب توجه است که اضافه کردن یک پاندول به ساعت دیواری مذکور، کار بسیار ساده‌ای بود. مکانیسم آنکه بدون تغییر اساسی باقی مانده است، شامل چرخ دنگ است. تنها تغییری که در

1. Vincent 2. Salomon Coster

آن به‌کار رفته، این است که میله به‌طور افقی گذاشته شده است و به‌جای فولیو، چنگالی را حمل می‌کند، که میلهٔ پاندول به‌آن قلاب شده است. تقریباً همه ساعتهای دیواری موجود این تغییر را دارند و اثر آن کاهش خطای ساعت از ۶ یا ۸ به ۱ بود. این امر کمیابی ساعتهای دیواری فولیودار را حتی در همان حالت اولیهٔ خود، توضیح می‌دهد.

خاصیت ایزوکرونیسم پاندول صرفاً تقریبی است، بدین معنی که زمان نوسان از دامنهٔ نوسان کاملاً مستقل نیست، بلکه وقتی دامنه افزوده می‌شود زمان نوسان، افزایشی جزیی متناسب با جذر آن خواهد یافت. هویگنس به‌حق افتخار می‌کرد که ثابت کرده است که چنانچه جرم پاندول مسیری چرخزاد داشته باشد ـ حالتی که زمانی ایجاد می‌شود که ریسمانی که پاندول به‌آن آویزان است به‌جای اینکه یک نقطهٔ ثابت داشته باشد، ناچار باشد که در مجاورت این نقطهٔ ثابت، روی کمانهای چرخزادی باقی بماند ـ ایزوکرونیسم اکید می‌گردد (شکل ۹۰).این به‌طورکلی همان سیستمی است که در ساعتهای خود به‌کار می‌برد و تئوری آن، قسمت اصلی رسالهٔ مشهور: *Horologium Oscillatorum* را که در سال ۱۶۷۳ در پاریس منتشر شده، تشکیل داده است. چنین اصلاحی، که به‌نظر هویگنس اساسی می‌نمود، در عمل معلوم شد که اهمیتی ندارد و پاندول «چرخزاد» به‌سود پاندولهای با دامنهٔ بسیار کوتاه (۲ تا ۵ درجه) به کناری نهاده شد و تا سرحد امکان کوشیدند که دامنه ثابت نگاهداشته شود. اندیشیدن بر روی این دو طرزکار به ظاهر متناقض در مورد حالت ایزوکرونیسم تقریبی، برای فهم اهمیت روش در علوم کاربردی بسیار آموزنده است: ریاضیدان گرچه درپی از میان بردن ریشه‌ای خطاست، اما زمانی‌که وارد عمل می‌شود به این قضیهٔ هندسی فقط به‌طور نسبی پاسخ داده می‌شود و اختلالات دیگری پدید می‌آید. ساعت‌سازی همراه با خطاها و در تلاش به‌حداقل رسانیدن آنها پیش می‌رود، و در این راه می‌کوشد تا همهٔ انحرافات بزرگ از دامنه حذف شوند و تنها انحرافات بسیار کوچک از آن باقی بمانند. در این مورد تجربه دربرابر راه‌حلهای «ریاضی» به راه‌حل «ساعت‌سازی» روی کرده است. در صورت به‌کار بردن فنر مارپیچی و پیشرفتهای آن برمبنای تئوری، ما شاهد تحولی در جهت مقابل خواهیم بود. مشکلی که در حوزهٔ مهندسی است و در زمانی که دو تقریب انجام گرفته در آن به نتایج قابل مقایسه‌ای رسیده باشند، باید کاملاً حل شده تلقی شود.

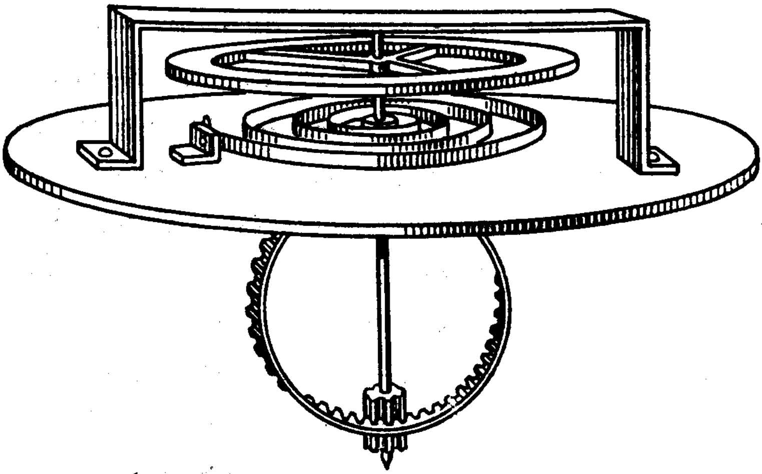
فنر مارپیچی ناظم: آیا عملیاتی را که روی ساعتهای دیواری با موفقیت انجام گرفته‌اند، می‌توان روی ساعت جیبی اعمال کرد؟ این پرسشی است که هویگنس به‌آن رسیده بود و توانست با اختراع فنر مارپیچی ناظم با موفقیت تمام به‌آن پاسخ دهد. مارپیچ ناظم برای فولیوی حلقوی ساعتهای



شکل ۹۰.ساعت دیواری دارای پاندول (تصویر ساده‌شده‌ای از روی لوحهٔ کتاب *Horologium oscillatorum* نشان می‌دهد که پاندول با واسطه ریسمان دوگانه‌ای، که صفحات چرخزاد آن را راهنمایی می‌کنند، آویزان است.)

جیبی اولیه، نوعی نیروی بازگرداننده بود، شبیه نیروی گرانش برای پاندول، و آن را تبدیل به یک رقاصک ناظم دارای دورهٔ تناوبی معین می‌کرد. در این مورد هم ایزوکرونیسم تقریبی بود، گرچه متوجه شدن به تقریبی بودن آن دشوار. بدین جهت در ابتدا هویگنس، آن را اکید می‌پنداشت. به‌هر تقدیر این اختراع هم همان مشخصات پاندول را داشت: اندیشهٔ بزرگ و تأثیر عملی کم. بدین علت بود که هویگنس توانست بر ساخت نخستین ساعت جیبی فنری بوسیلهٔ آیزک تورت[1] (فوت

1. Isaac Thuret



شکل ۹۱.رقاصک حلقوی با مارپیچ (از روی طرح اصلی هویگنس).

به سال ۱۷۰۰) استاد مشهور ساعت‌سازی، نظارت کند، ۲۲ ژانویه ۱۶۷۵ (شکل ۹۱).نتیجهٔ فوری این کار، افزایش دقت ساعت لااقل به میزان پنج برابر بود.

از زمان گالیله، مسألهٔ استفاده از پاندول برای تنظیم ساعتها، شعار روز بوده است. هویگنس هم بدون شک به‌علت آزمایشهای پیشین خود، این کار را موضوع تحقیقات خود قرار داد؛ لیکن او نخستین کسی بود که توانست راه‌حلی را بیابد که بتوان بی‌درنگ آن را بدون هیچ دستکاری مورداستفاده قرار داد. به‌کار بردن فنر برای تنظیم ساعتهای جیبی و دیواری کوچک، هم پیش از هویگنس گاه‌گاهی آزمایش شده بود و هویگنس از این جریان بی‌اطلاع نبود. سخت‌ترین مدعیان هویگنس، در فرانسه کشیشی با نام ژان دو اوت‌فوی[1]، و در انگلستان رابرت هوک، فیزیکدان، بودند. هر دو نفر از اصل نوسانهای یک فنر استفاده کرده بودند، اما فنر آنها مارپیچی نبود. وانگهی در راه‌حل هویگنس یک سر فنر به رقاصک و سر دیگر آن به یک نقطهٔ ثابت وصل می‌شد که مانند مورد پاندول، تنها راه‌حل مشکل بود و برای هیچ‌کس شکی باقی نمی‌گذارد که همهٔ ساعتهای بغلی دارای فنر مارپیچی، فقط از نمونهٔ هویگنس اقتباس شده‌اند. خود آقای تورت نیز کوششی کرد که این اختراع را به خود نسبت دهد، اما بعدها این ادعا را پس گرفت کمی بعد هویگنس به بیهودگی «انحصار» کاربرد اختراع خود را از شاه دریافت داشته بود، پی‌برد و متوجه شد که کنترل آن ممکن نیست.

1. Jean de Hautefeuille

پیشگامان از یاد رفته: در پیروزیهای اعجاب‌انگیز اختراعات هویگنس نباید غلو کرد و تردیدی نیست که دوران دقت با این پیروزیها آغاز گشت. با این همه درست نیست، اگر فکر کنیم که در این راه پیش از وی هیچ‌کار ارزشمندی صورت نگرفته بود و منجمان بزرگ پایان سدهٔ شانزدهم در برابر دقیق نبودن ساعتهای خود بی‌اعتنا بودند. اکنون معلوم شده است که لااقل در این دوران برای ایجاد زمان نگهدارهای نجومی کوششهای بسیاری انجام یافته است، مثلاً استادکار سویسی با نام یوستوس بورگی[1] (۱۵۵۲ ـ ۱۶۳۲) برای امپراتور رودولف دوم امپراطور آلمان کارهای زیادی کرده بود. او تنظیم کننده‌ای طرح کرده بود که دارای دو فولیوی انعطاف‌پذیر بود که در جهات متقابل عمل می‌کردند، طرحی که برتری قابل توجهی بر سیستم فعلی داشت و کوشش تا حدودی موفق برای تجهیز ساعت با ثانیه شمار بود. با این همه باید تأکید کرد که این وسیله که بسیار پیچیده و ساخت آن دشوار بود، یک پیشرفت تکنولوژی محسوب می‌شود، نه اصل تازه‌ای که افق بسیار وسیعی در برابر ساعت‌سازان بازگشاید؛ مانند فنری که هویگنس اختراع کرد. ناظمی که بورگی طرح کرده بود پس از مرگش فراموش شد و تا این اواخر که آقای دکتر هـ. فون برتله آن را کشف کرد کاملاً از یاد رفته بود. برتله ضمن بررسی و پیاده کردن ساعتهای این هنرمند، که در بسیاری از موزه‌ها نگاهداری می‌شوند، بدین امر پی‌برد. چقدر از این اختراعات، احتمالاً با این درجه از اهمیت از میان رفته‌اند و اثری از آنها برجای نمانده است؟

پیشرفتهای کرونومتری: سال ۱۶۵۷ برای ساعتهای دیواری و سال ۱۶۷۵ برای ساعتهای جیبی تاریخهای پراهمیتی هستند. اما بعد چه شد؟، بعد از آن می‌توان به‌حق ادعا کرد که پیشرفت در این رشته، هم متوقف شد و هم ادامه یافت. از آن نظر متوقف شد که کار یک ساعت بغلی کوکی سال ۱۸۵۰ به‌طور عجیبی مشابه کار آن در سال ۱۶۸۰ است، با این تفاوت که ساعت سال ۱۶۸۰ با دقت بیشتری ساخته شده و نکات هنری در آن بیشتر لحاظ شده بود ... و نیز طرز کار ساعت پاندولی زمان نواز به‌طور محسوسی شبیه طرز کار ساعتهای سال ۱۷۰۰ می‌باشد. اما می‌توان گفت که پیشرفت ادامه هم داشته است، زیرا اختراعات در این رشته، بدون وقفه ادامه یافتند. این اختراعات با تأخیر زیاد بین مردم متداول می‌شوند و مبانی کارهای آینده می‌گردند.

این پیشرفت و نبوغ پیچیده، سبب شد که ساعتهای جیبی فنری و ساعتهای دیواری پاندولی به مرزی از تکامل برسند، که ما اکنون شاهد آن هستیم و بررسی این مسأله به فصلی از جلد بعدی این کتاب است. با این همه، این کار درست می‌نماید که این فصل را با معرفی اختراعی صنعتی از سالهای پایانی سدهٔ هفدهم به‌پایان بریم، اختراعی که ساعت جیبی را بدین صورت معمولی و

1. Justus Burgi

همگانی درآورده است. این اختراع مربوط به مکانیسمی است که ساعتها و دقیقه‌ها را با کمک دو عقربهٔ متحدالمرکز نشان می‌دهد که طی یک دورزدن صفحه، به‌ترتیب دوازده و یک ساعت را نشان می‌دهند، (در زبان فارسی چرخ مربوط به عقربهٔ ساعت‌شمار را پیه‌سوز و چرخ مربوط به دقیقه‌شمار را قرنفل می‌نامند. مترجم)، اختراعی که از نظر ظرافت و سادگی هم، واقعاً ارزشمند بود. ما دیدیم که ساعتهای جیبی پس از هویگنس تنها یک عقربه داشتند که در یک دورزدن صفحه، دوازده (و گاهی هم بیست‌وچهار) ساعت را نشان می‌دادند. انتظار داشتن علامات دقیقه، روی صفحهٔ چنین ساعتهایی که حداکثر دقت آنها در نشان دادن زمان، نیم‌ساعت تقریب دارد، انتظار پوچی بود، با استفاده از فنرهای مارپیچی وضع طی یک روز بکلی تغییر پذیرفت و علامتهای دقیقه، روی صفحهٔ هر ساعت از لوازم آن گردید.

این «راه‌حل» در نخستین اقدام به‌دست نیامد و آزمایشهای متعددی روی صفحه انجام شد که نمونه‌های معدودی از آنها در موزه‌ها نگاهداری می‌شوند. سرانجام حدود سال ۱۶۹۰ آقای دنیل کوویر[1] (۱۶۴۹ ـ ۱۷۲۴) ساعت‌ساز پرآوازهٔ لندن، صفحه «کنونی» ساعت را ساخت و این صفحه تغییری نیافت تا اینکه بعدها، زمانی‌که تکنیک اقتضا داشت، عقربهٔ جهندهٔ ثانیه‌شمار (مربوط به چرخ نبض) بدان افزوده گشت و این دقیقاً پیروزی ساعت‌سازی نوین بود.

کتاب‌شناسی

نوشته‌های قدیمی فراوانند، اما کمتر خواندنی می‌باشند. می‌توان به قسمت کتابشناسی عمومی واحد زمان تهیه شده، بوسیلهٔ TARDY مراجعه کرد.

(*Éd. de laFrance Horlogere, paris 1947*)

قسمتهای مربوط به هویگنس بخشی از کتاب اوست که نبوغ او را به بهترین وجه نشان می‌دهد. (ده جلد اول دورهٔ کامل کتاب اوست *M. Nijhof, Lahaye*).

کتابهای قدیمی که خواندن آنها بی‌ثمر نیست:

کتابهای جدید کلیات:

کاتولوگهای موزه‌ها (همراه یادداشتها، اظهار نظرها و کتابشناسی).

مقالاتی دربارهٔ موضوعهای خاص.

1. Daniel Quare

آثار قدیمی

La littérature ancienne très abondante est aujourd'hui peu lisible. On pourra l'utiliser grâce à la *Bibliographie générale de la mesure du temps*, par Tardy (Éd. de la France horlogère, Paris, 1947).

La correspondance d'Huygens est la partie de son œuvre qui maintenant permet le mieux d'entrer en contact avec son génie (elle forme les dix premiers volumes de ses œuvres complètes, M. Nijhof, La Haye).

Les ouvrages anciens encore à consulter seront :

Berthoud (F.), *Histoire de la mesure du temps par les horloges*, 2 vol., in-4°, Paris (1802).
Dubois (P.), *Histoire de l'horlogerie*, 1 vol., in-4°, Paris (1849).

آثار تازه

Dugas (R). et Costabel (P.), Naissance d'une science nouvelle, la mécanique et organisation de la mécanique classique, dans *La Science moderne*, t. II de l'*Histoire générale des Sciences*, Presses Universitaires de France, 1958.
Defossez (L.), *Les savants du XVII^e siècle et la mesure du temps*, Éd. du Journal suisse d'Horlogerie, Lausanne, 1946. Ouvrage capital.
Lloyd (H. Alan), *Some outstanding clocks over seven hundred years 1250-1950*, Londres, 1958.

Livres d'histoire technique développant une partie plus ou moins spécialisée :

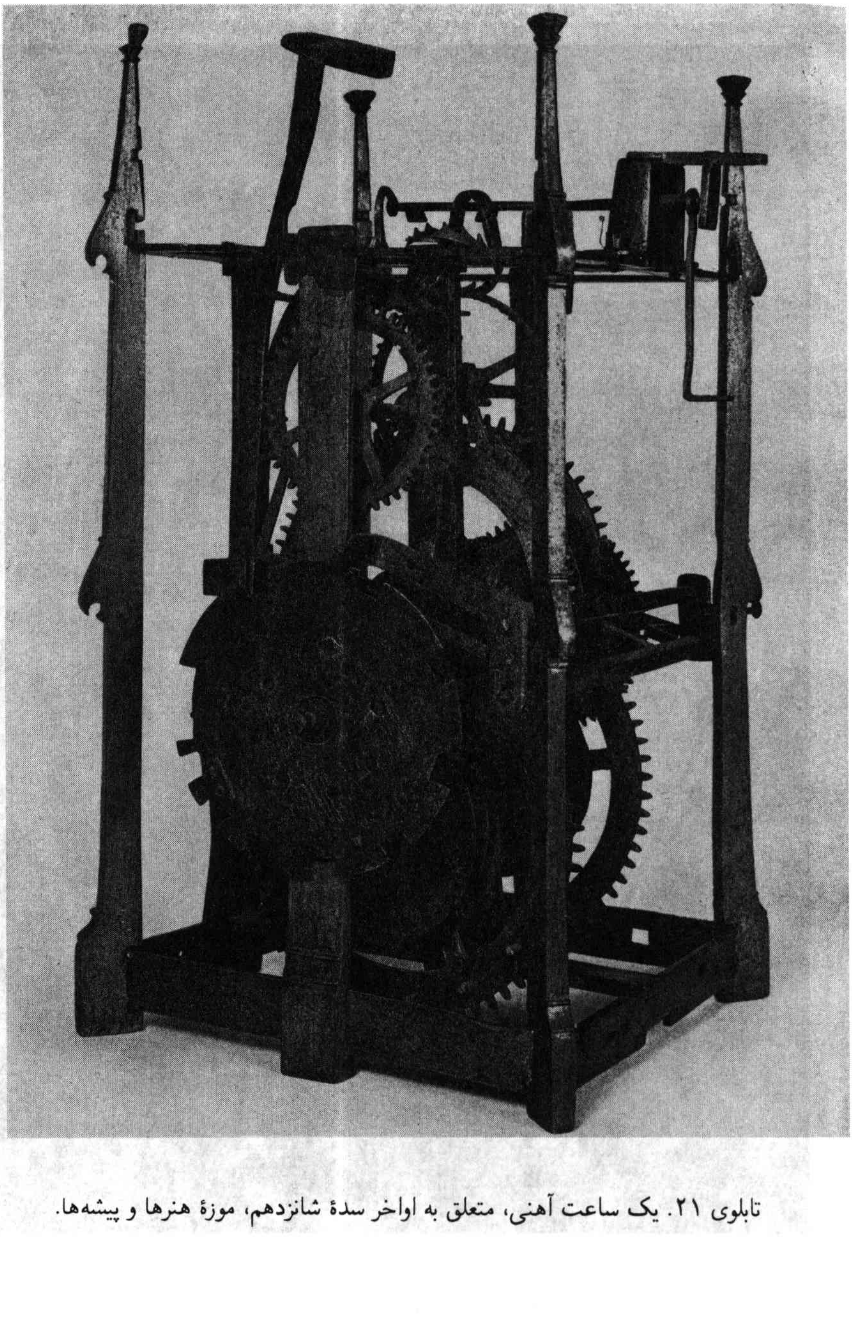
Chapuis (A.) et Jaquet (E.), *Histoire et technique de la montre suisse*, Éd. du Griffon, Neuchâtel, 1945.
Needham (Joseph), Wang Ling et Price (Derek J.), *Heavenly Clockwork*, Cambridge, 1960.

Catalogues de musée (avec notices, commentaires et bibliographie) :

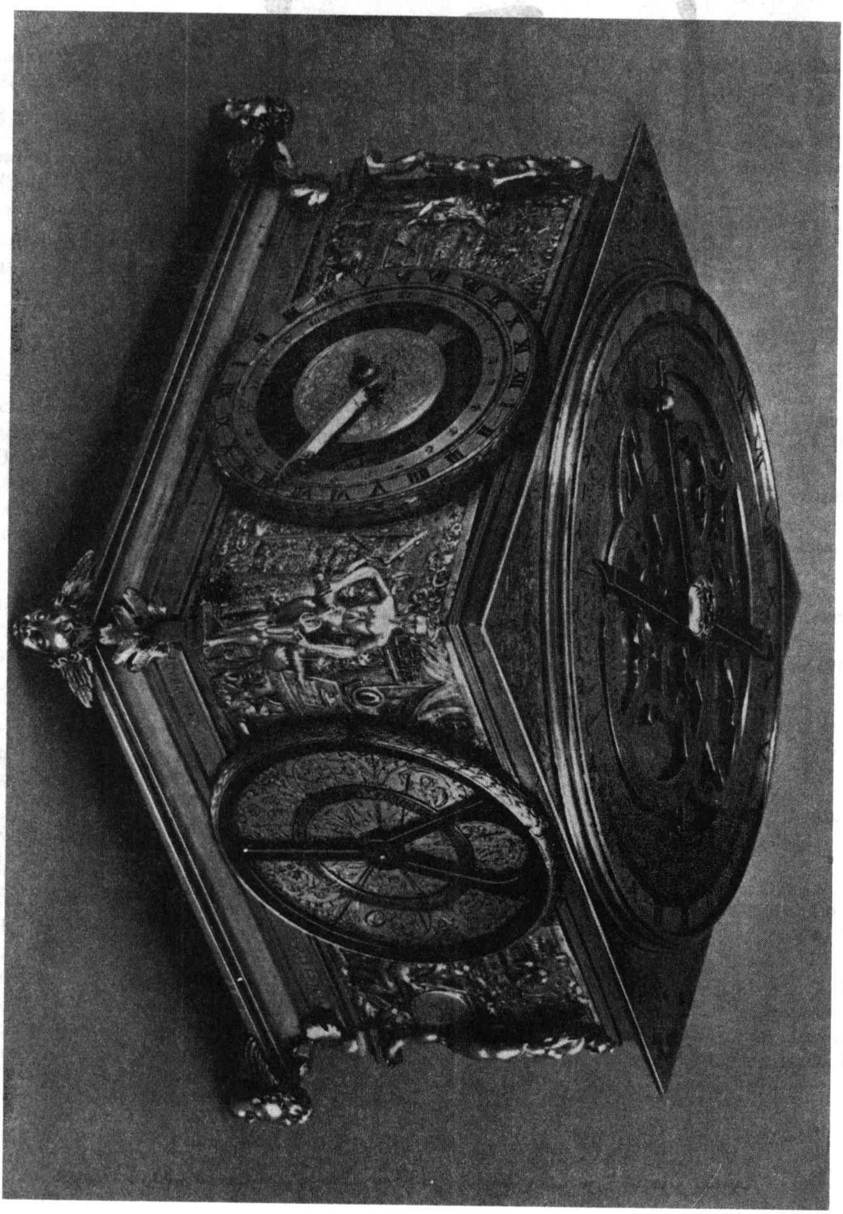
Conservatoire national des Arts et Métiers, section JB, Horlogerie, 1949.
Collection d'horlogerie du musée de Besançon, par P. Mesnage, 1955.
Le musée d'horlogerie de Genève, par E. Jaquet, 1952.
Gélis (E.), *L'horlogerie ancienne*, Lib. Gründ, Paris, 1949. Histoire construite autour du catalogue de la collection Gélis au musée Saint-Raymond de Toulouse.

Articles sur des sujets particuliers :

Bertele (H. von), Precision time keeping in the pre-Huygens era, in *Horological Journal*, London, 12-1953, traduit dans *Journal suisse d'Horlogerie*, n^os 9-10 et 11-12, 1954, et 3-4, 1956.
— Jost Burgi, le nouvel Archimède, *Journal suisse d'Horlogerie*, 11-12, 1956 et 3-4, 1957.
— L'emploi de billes roulantes comme norme chronométrique, *Suisse horlogère*, n^os 3 et 4, 1956.
Mesnage (P.), *Les inventions d'Huygens. Trois siècles d'évolution du régulateur astronomique.* Conférences au Musée du Conservatoire national des Arts et Métiers (Exposition des chefs-d'œuvre de l'Horlogerie), Édition de la revue française des Horlogers-Bijoutiers, Paris, 1949.



تابلوی ۲۱. یک ساعت آهنی، متعلق به اواخر سدهٔ شانزدهم، موزهٔ هنرها و پیشه‌ها.



تابلوی ۲۲. ساعت رومیزی با علایم نجومی، ساخت یوستوس بورگی، اواخر سدهٔ شانزدهم.



تابلوی ۲۳. ساعت رومیزی با علایم نجومی، شروع سدهٔ هفدهم.

۱۴

فنون اندازه‌گیری

جنبه‌هایی از اندازه‌گیریهای قدیم

«دانش اندازه‌گیری» که قانونی و کاربردی: در دادوستدهای اقتصادی، و یا صرفاً نظری است: در قسمت پژوهشها، از فنون مخصوص خود استفاده می‌کند؛ فنونی برای ساخت ابزارهای اندازه‌گیری، که به اقتضای کار خود روزبه‌روز دقیقتر و پیچیده‌تر می‌شوند، تا اینکه به بالا رفتن دقت نتایج به‌دست آمده کمک کنند.

فنون نگاهداری نمونه‌های استاندارد و بازسازی آنها برای پاسخگویی به نیازهای دانش، صنعت و بازرگانی.

فنون مربوط به عملیات کاربردی که در تخصص یک عمل‌گر است و یا اکنون به دستگاهی که تحت قواعدی که از پیش معین شده یا به آن انتقال یافته است، خود را کنترل می‌کند (مثلاً موشکهای قاره‌پیما یا کیهان‌نورد که مسیر خود را تصحیح می‌کنند).

این وصف کوتاه از برخی خصلتهای اساسی مترولوژی، نمی‌تواند تکافوی دامنهٔ وسیع کاربرد و روشهای آن، که شامل اکثر فعالیتهای بشری می‌شود، باشد.

مبانی اساسی مترولوژی کنونی یا قرون وسطی، اختلاف اساسی با آنچه مردمان دوران باستان عمل می‌کردند، ندارند: به‌همین‌دلیل است که تعریف واحد اندازه‌گیری، نمایش آن با یک شیئی (استاندارد) ـ خط‌کش سنگی یا فلزی ـ پیمانه برای اندازه‌گیری ظرفیت ـ وزنه برای اندازه‌گیری جرم ـ واقعیات «مترولوژیکی» هستند، به‌طوری‌که شاید بتوان گفت که پنجاه سده تاریخ دارند و این ادعایی است که اسناد نوشتاری و حفاریهای باستانشناسی به آن گواهی می‌دهند.

امروز همچون قرون وسطی و دوران باستانی تاریخ، کاربرد اندازه‌ها در بازرگانی، انطباق آنها با نمونه‌های قانونی و مبارزه علیه تقلب در آنها، موضوع نوعی مقررات فنی و قضایی است که کاربرد آنها در شأن کارشناسان مربوطه است که یونان باستان به آنها agoranomoi می‌گفتند: رؤسای بعضی از حِرَف تا پایان سدهٔ هجدهم (داروسازها، ترازوسازها، روغنکشها، وزنه‌سازها و . . .) در زمان حال به آنها، مقامات ادارهٔ مترولوژی اطلاق می‌شود.

از زمان ایجاد دولت سومری ـ بابلی (سه هزار سال پیش از میلاد)، مصر، یونان و دستگاه اندازه‌گیری رومی تا تأسیس دستگاه متری دهدهی (۱۷۹۰ ـ ۱۷۹۹)، که نخستین دستگاه در سطح کشور، سپس در مقیاس جهانی (۱۸۸۹) است، ما می‌توانیم، بدون اینکه دچار خطایی جدی شده باشیم، بگوییم که در خطوط اصلی چهرهٔ مترولوژی تغییرات عمیقی ایجاد نشده است. از سوی دیگر می‌توان گفت که محدودهٔ این رشته از دانش از سدهٔ هفدهم به بعد، همراه با پیشرفت علم و تکنولوژی، در حال توسعه بوده است.

گرچه فرمان فرانسوای اول (۱۵۴۰)، یکسان‌سازی اندازه‌ها را در محروسهٔ سلطنتی، بر پایهٔ واحدهای رایج در پاریس مدنظر داشت، اما این فرمان آثار بر جای ماندنی از خود نگذاشت. همچنین در سال ۱۵۵۷ هانری دوم از فرانسوای اول تقلید کرد، که این بار نیز نتایج چشمگیری به‌دست نیامد.

تنوع و چندگانگی واحدهای اندازه‌گیری: در برابر چندگانگی واحدهای اندازه‌گیری در روستاها، املاک سینیوری، و شهرها که نتیجهٔ نظام فئودالی و سنت شده بود، چه کاری می‌شد انجام داد؟ از این «چندگانگی» مترولوژی، اصطلاحات بسیار متنوعی برای تعیین اندازه‌ها پدید آمدند، به‌طوری‌که مفهوم یک اصطلاح از روستایی به روستای دیگر تفاوت زیادی داشت.

وانگهی در تقویم یک قطعه زمین، کشاورزی مقدار بارآوری، موفقیت جغرافیایی، کار لازم برای اینکه بارآوری آن به‌حداکثر برسد و غیره را در نظر می‌گرفت (و این روش در هر زمانی متداول بود). با کار برابر (ما امروز می‌گوییم با مصرف انرژی برابر)، ممکن است سطح زمینهای کشت‌شده و

یا محصول آنها بسیار متفاوت باشد. این مطلب نشان می‌دهد که اصطلاحی که سطح و مقادیر مربوط به آن‌را بیان می‌کند، بر پایه کار کشاورز و بهره دهی خاک است.

بدین‌ترتیب در لورن، واحد اومه[۱] مساحتی از زمین بود که یک کشاورز در یک روز می‌توانست بیل بزند (حدود دویست مترمربع). از سوی دیگر هر شاره[۲] (حدود ۱۵۰۰ متر مربع) مساحتی از زمین بود که گنجایش یک گاری محصول آن باشد؛ یک فوره[۳] کشتزاری بود که یک فورال[۴] (۲۰ تا ۲۶ لیتر) گندم از آن برداشت می‌شد.

بنابراین شگفتی‌آور نیست که اصطلاحات واحدهای کشاورزی معمولاً از نوع اصطلاحات گنجایش مانند: کارتره[۵]، ستره[۶]، بواسله[۷] و غیره باشند. برعکس، مساحان مساحتها را برحسب واحدهای اساسی تواز[۸] یا کان[۹] اندازه می‌گرفتند؛ اجزای آنها: پان[۱۰] یا پا و اضعاف آنها: پرش، دکستر، کوردو . . . بودند. نتایج محاسبه با اصطلاحات: Pan Carré یا Perche, Canne, Dexter, Corde, Pied در مقادیر قراردادی آنها، که کشاورز چیز زیادی از آنها نمی‌فهمید و متناسب با واحد محل تغییر می‌کردند، بیان می‌شد.

در قسمت اندازه‌گیری پارچه، واحد اون aune ثابت نبود. در سده‌های سیزدهم و چهاردهم، مقدار اون که در بازارهای ولایات شامپانی و بورگونی به‌کار می‌رفت، اون ولایت اصطلاح می‌شد و برابر ۰٫۸۶ متر بود، درحالی‌که اون در پاریس سدهٔ شانزدهم برابر ۱۱۸٫۸۴ سانتیمتر بود، طبق نمونه‌ای که تاریخ ۱۵۵۴ بر خود دارد و در گذشته در Bureau des Marchands Grossiers et Merciers de Paris نگاهداری می‌شد و امروزه در موزهٔ کنسرواتوار ملی پیشه و هنر، در پاریس با شمارهٔ ۳۲۲۶ حفظ می‌شود.

اما احتمال می‌رود که در سدهٔ چهاردهم طول اون پاریس محسوساً برابر مقدار آن در سدهٔ شانزدهم بوده باشد. درواقع هم‌ارزی داده شده بوسیله آقای بالدوتچی بگولوتی[۱۱] در *Pratica della Mercatora* معروف به تاریخ حدود ۱۳۴۰ چنین ثبت کرده است: صد اون پاریس برابر ۱۴۶ اون ولایت است و هر اون پاریس برابر ۱۲۰٫۵ سانتیمتر است که با نمونهٔ سال ۱۵۵۴ تقریب ۱٪ دارد.

این گوناگونی اصطلاحات سبب شد که در قسمت واحدها، نوعی بی‌اعتمادی حکمفرما گردد. مثلاً در همه مترولوژی محلی، اصطلاحات لیور[۱۲] و اونس[۱۳] که مقادیر جرم هستند، به‌کار می‌رفت.

1. Hommée 2. Charrée 3. Fourée 4. Fourral 5. Quarterée 6. Sétérée
7. Boisselée 8. Toise 9. Canne 10. Pan (Pied) 11. Baldu cci Pegolotti
12. Livre 13. Ones

اما اگر در پاریس هر لیور در سدهٔ پانزدهم ۱۶ اونس (= ۴۸۹/۵ گرم) بود در مناطق جنوبی نیز ۱۱۶ اونس بود، اما با این تفاوت که هر اونس برابر ۴۰۸ تا ۴۱۳ گرم می‌بود. در شمال هر لیور برابر ۴۲۸ گرم در سن اومر، و ۴۳۴ گرم در شهر لیل بود.

ثبات واحدها: با این‌همه باید ثبات اندازه‌ها را تذکر داد، گرچه نمی‌توان آن را مطلق دانست، اما وجود داشت. این واقعیت جالبی است، که براساس الزامات بازرگانی جهانی، طرز تفکر صنفی نظام پیش از انقلاب کبیر فرانسه، از نظر سنتها و کاربردهای بازرگانی، در شرایط جدید، بدشواری می‌توانست با این گوناگونی واحدها سازگار باشد. مثلاً در سدهٔ سیزدهم نمونهٔ وزنی مسکوک «وزن مارک» پاریس برابر ۲۴۴/۷۵ گرم بود و عملاً تا سال ۱۸۰۰ نیز تغییر نیافت. مارک شهر کولونی که ۱۵/۱۶ آن (= ۲۲۹/۵ گرم) و برابر مارک برج لندن، لاروشل، پرتغال و دیگر شهرها بود؛ مارک شهر و نیز برابر مارک شهرهای مارسی، مونپلیه، آوینیون، نیم، جنوا و . . . بود. کان یا واحد طول در مونپلیه حدود ۱/۹۸ متر، صدها سال ثابت بود. نمونه‌های فراوانی از این ردیف واحدهای ابعادی یا گنجایشی را می‌توان برشمرد.

عملاً می‌توان در نظر گرفت که گوناگونی واحدها، هر وقت که نتیجهٔ تغییر دادن نمونه‌ها، خراب‌شدن تصادفی و یا از دقت افتادن در اثر کاربرد زیاد نبوده است، ظاهراً علل سیاسی یا اقتصادی داشته است.

جنبهٔ دیگری از مترولوژی قدیم که توجه را جلب می‌کند مربوط به تکنیکهای کاربردی است. منظور روشهای اندازه‌گیری پیمانه‌ای مواد خشک است. این واحدها بنا به حالت محصولات مورداندازه‌گیری با اصطلاحات: پر، لبالب، لبریز، پرفشرده و غیره اصطلاح می‌شدند. کسی که پیمانه می‌کرد، ممکن بود با مهارت و تردستی خود مقدار کمتری جنس تحویل خریدار بدهد. بدین علت حکومت مرکزی ـ و به‌دنبال آن حکومتهای ولایتها ـ در اواخر سدهٔ هفدهم تصمیم گرفت تا کار اندازه‌گیری را استاندارد کند و دستور داد که پیمانهٔ پر تحویل دهند. اما حتی پس از این دستور هم استثناهایی وجود داشته‌اند.

خلاصه، می‌توان گفت که تا سدهٔ هجدهم، جز احیاناً مراکز دادوستد بسیار مهم نظیر: لیون، دیژون، پاریس و غیره، کار اندازه‌گیری فاقد هرگونه خصلت ملی و آیین همگانی بود. ساختمان آن بر روی روشهای سنتی، که با مقتضیات محل انطباق داده شده بود، قرار داشت. در پشت اصطلاحات یکسان، کمیتهای بسیار متفاوت دیده می‌شد. روشهای اندازه‌گیری هیچ‌گاه ضامن معتبری نبودند و بزحمت می‌شد آنها را اندازه‌گیری نامید.

از سوی دیگر، مفهوم «دقت» ـ لااقل در مقیاس بازرگانی ـ بسیار مبهم بود، اما مواد گرانبها نظیر: مسکوکات، جواهرات و فلزات قیمتی را با دقت تمام وزن می‌کردند و در این قسمت از اندازه‌گیری ـ جرم ـ بود که همان‌طورکه در چند صفحه بعد خواهیم دید، بهترین نتایج به‌دست آمده است.

سرانجام، ـ و این جنبه برای مطالعهٔ تاریخ اندازه‌گیری اهمیت زیاد دارد ـ ثبات تعداد زیادی از واحدهای اندازه‌گیری از سدهٔ چهاردهم تا هجدهم در موارد متعددی به تجربه ثابت شده است و این امر از نظر تاریخی برقراری هم‌ارزی بین واحدهای قدیم و متری را آسان می‌سازد. وانگهی باید گفت که مترولوژی عملی (یعنی سیستمهای گوناگون محلی و غیره) بیشتر جنبهٔ حقوقی داشتند تا تکنیکی محض.

حل این مشکلات فنی همیشه آسان نیست، به‌همین دلیل ما تحلیل خود را در این مسیر به پیش می‌بریم. ما در این بررسی جنبه‌های دیگر و کاربردهای گوناگون مترولوژی را از یاد نبرده‌ایم؛ اما می‌دانیم که نوسازی، یا به‌عبارت دقیقتر تغییر شکل آنها در هر دو جنبهٔ عملی و فنی، کار دانشمندان سده‌های هفدهم و هجدهم بوده است.

واحدهای ابعادی

واحد اندازه‌گیری یک خصیصهٔ فیزیکی: این سخن که هر کار اندازه‌گیری یک مقدار فیزیکی نوعی کار مقایسه‌ای می‌باشد، حرفی عامیانه است. اما برای مقایسه کردن ناگزیر از داشتن یک مقیاس یا مرجع هستیم. در قرون وسطی و حتی خیلی پیشتر از آن، «مترولوژیست»های این دورانهای دور به این امر نظر داشتند. نیازی نیست که بخاطر آوریم که مسلمانها «انگشت» را برابر شش دانهٔ جو می‌دانستند که با فشردگی ردیف شده‌اند و عرض هر دانه جو را برابر شش موی دم یک قاطر!

در سدهٔ چهاردهم، در سال ۱۳۲۴، پادشاه انگلستان دستور داد که هر اینچ برابر سه دانهٔ گندم است که جنب یکدیگر ردیف شده باشند.

در قسمت اندازه‌گیری جرم، شِکِل[1] بابلیها برابر ۸٫۴ گرم و ۱۸۰ دانه بود. اصطلاح «دانه» در بیشتر سیستمهای اندازه‌گیری، تا زمان ما، وجود دارد، زیرا آنگلوساکسونها همیشه از تروی ـ گرین (= ۰٫۰۶۴۸ گرم) استفاده کرده‌اند. در فرانسه وزن هر دانه ۰٫۰۵۳ گرم است و لیور پاریس برابر ۴۸۹٫۵ گرم است که از ۹۲۱۶ دانه یا ۳۸۴ دنیه[2] یا ۱۲۸ گروس[3]، یا ۱۶ اونس، یا دو مارک

1. Sicle, Shekel 2. denier 3. gros

تشکیل می‌شود.

واحد اندازه‌گیری پس از اینکه تصویب شد، باید با شیئی مادی یا نمونهٔ اولیه، یا استاندارد نمایش داده شود، و مردم برای دادوستد و کارهای روزانه، نمونه‌هایی از آن داشته باشند.

درمورد اندازه‌های خطی که نقش اصلی در اندازه‌گیری دارند، ما استاندارد اون پاریس را داریم. این استاندارد به تاریخ ۱۵۵۴ برمی‌گردد و در موزهٔ کنسرواتوار ملی پیشه و هنر پاریس نگاهداری می‌شود. طول آن واحدی است که بویژه برای اندازه‌گیری پارچه به کار می‌رود. فرانسوای اول آن را چنین تعریف کرده است: هر اون برابر سه پا و هفت اینچ و هشت خط می‌باشد که برابر ۱۱۸٫۸۴ سانتیمتر است.

استاندارد اون، خط‌کش آهنی صیقل شده است که در دو سر آن دوگونیای برجسته قرار دارد. برای اطمینان از اونهای فروشندگان، اونها می‌بایست فاصلهٔ بین دوگونیا را کاملاً پر کنند.

اطلاعی از دقت این استاندارد در دست نیست، اما آن را ژان پیکار[۱]، کشیش اخترشناس با استاندارد تواز که در سدهٔ هفدهم، شش پا طول داشت، مقایسه کرده است و معلوم ساخته است که طول اون استاندارد برابر سه پا و هفت اینچ و ۱۰ و ۴/۵ خط است. لاهیر آکادمیسین آن را سه پا و هفت اینچ و نیم خط یافته، درحالی‌که آکادمیسین دوفه[۲] در سال ۱۷۳۶ طول آن را سه‌پا و هفت اینچ و ۱۰ و ۵٫۶ خط تعیین کرده است. بعداً در سال ۱۷۴۵ دو نماینده از آکادمی علوم فرانسه با نامهای الو[۳] و کامو طول آن را سه پا و هفت اینچ و ۱۰ و ۵/۶ خط اندازه گرفتند.

جز اندازه‌گیری اشتباه‌آمیز لاهیر، نتایج اندازه‌گیری دیگران کاملاً با یکدیگر تطبیق می‌کنند (معمولاً سه پا و هفت اینچ و ۱۰ و ۵/۶ خط را می‌پذیرند). مقادیر به‌دست آمده شگفتی دانشمندان را سبب شد. آنها گمان بردند که این استاندارد با طول اسمی خود (سه پا و هفت اینچ و ۸ خط) نمی‌خواند و به اندازهٔ ۲/۶ خط (= ۶ میلیمتر) بزرگتر است.

استاندارد تواز شاتله: شکی نیست که در مورد تغییراتی که در فاصلهٔ سالهای ۱۶۶۷ ـ ۱۶۶۸ در نتیجهٔ ایجاد استاندارد دیگری از تواز پدید آمده بود، هیچ فکری نشد. این تواز که حدود پنج خط (= ۱۱ میلیمتر) از تواز قدیمی کوتاهتر بود، در سال ۱۷۴۷ هنوز نقش آن بر ستونی از بناهای شاتله[۴] در پاریس دیده می‌شد، اما «در اثر تاب‌برداشتن ستون آن نقش ضایع شده است».

استاندارد تواز جدید ـ که از شش پای شاه (تعریف کلاسیک) تشکیل شده است ـ برابر ۱٫۹۴۹ متر است. این استاندارد بخوبی بوسیله لاکوندامین و پوکتون[۵] توصیف شده است. تواز

---

۱. J. Picard ۱۶۲۰ـ۱۶۸۲ منجم فرانسوی که طول قوس یک درجهٔ نصف‌النهار زمین را بدقت اندازه گرفت.

2. Dufay 3. Hellot 4. Chatelet 5. Paucton

جدید که در سال ۱۶۶۸ در پای پلکان گراند شاتله پاریس در دیوار نصب شد، یک میلهٔ آهن است که در دو سر آن دو برجستگی یا دندانه دیده می‌شود. به‌نظر پوکتون این تواز زمخت ساخته شده است: زوایای آن پخت هستند، وجود درونی و در برجستگی انتهای آن پرداخت و سوهانکاری نشده‌اند و با یکدیگر موازی نیستند. وانگهی در معرض آثار جوّی و خرابکاری اشخاص بوده است و حتی مثلاً در سال ۱۷۵۸ برای مرمت، آن‌را چکشکاری کرده‌اند.

تواز لاکوندامین (تواز آکادمی یا تواز پرو): اما لاکوندامین (۱۷۰۱ ـ ۱۷۷۴) که شخصی قابل و مآل‌اندیش بود، همراه با دانشمندان دیگری مأمور شد که قوس یک درجهٔ نصف‌النهار را بر خط استوا اندازه بگیرد. او برای این‌کار در سال ۱۷۳۵ پیش از اعزام هیئت دستور داد دو کپی بسیار دقیق از استاندارد شاتله را بسازند. کپی اول از تواز پرو[1] یا آکادمی بود که توسط آقای لانگلوا[2]، مهندس دربار در پاریس تحت نظارت گودن[3] (۱۷۰۴ ـ ۱۷۶۰) اخترشناس تهیه شد.

این استاندارد که به‌عنوان نمونهٔ اولیهٔ واحد طول در مقیاس ملی در سال ۱۷۶۶ ساخته شد، یک خط‌کش آهنی چکشکاری و پرداخت شده، با مقطع مستطیلی حدود ۵٫۷ در ۴۰ میلیمتر بود. در هر سر این خط‌کش تا نیمهٔ عرض آن، چاکی زده بودند، به‌طوری‌که در دو سوی این چاک دو برجستگی به عرض ۱۳ میلیمتر به‌وجود آمده بود. دو خطی که در دو طرف خط‌کش قاعدهٔ چاکها را تشکیل می‌دادند تیز هستند و فاصلهٔ این‌دو خط، طول میله تواز می‌باشد.

در امتداد یالها خطی به هر یک از دو سر کشیده شده است که به نقطه‌ای گود با ابعاد حدود ۰٫۴ میلیمتر ختم می‌شود. فاصلهٔ محورهای این دو نقطه یک تواز استاندارد است که در ابتدا آن‌را برابر استاندارد دیگر تصور می‌کردند؛ بدین‌ترتیب تواز استاندارد از طریق مقایسهٔ آن با آن‌دو نقطه، دو سر، یا طول خود خط‌کش تعیین می‌شد. لیکن طول قانونی آن در دمای ۱۳ درجه رئومور فاصله دو سر آن بود.

برای اینکه از مقدار دقت این استاندارد درکی داشته باشیم، در پایان سدهٔ نوزدهم دفتر بین‌المللی اوزان و مقادیر واقع در سور (ایالت سن) آزمایشی از آن به‌عمل آورد. بر اثر این آزمایش معلوم شد که تواز در رابطه با فاصلهٔ دو سر در دمای ۱۳ درجه رئومور ($16{,}25^\circ C$) برابر ۱٫۹۴۹۰۹۰ متر است و حال آنکه در رابطه با دو نقطه در همان دما ۱٫۹۴۹۰۰۱ متر می‌باشد؛ بدین‌ترتیب این مقادیر با تقریب کمتر از ۰٫۰۹ میلیمتر به یکدیگر می‌رسند. این ابزار به‌عنوان مقیاس در زمانی‌که سیستم دهدهی متری در شُرف ایجاد بود، خدمت کرده است.

تواز لاکوندامین در تکنیک استانداردسازی نه‌تنها یک مرحلهٔ کیفی ـ مدرج کردن سه‌به‌سه اینچ

1. Pérou 2. Langlois 3. Godin

که بروشنی حک شده است و هر اینچ نیز به دوازده قسمت تقسیم گردیده است ـ بلکه مترولوژیکی هم بوده است، زیرا کمتر از یک سده پس از ساختمان نخستین ابزارهای اندازه‌گیری دما، این تواز در یک دمای معین اندازه‌گیری شده است و این امر توجه فراوان به داشتن حداکثر دقت ممکن در ارتباط با وسایل فنی آن زمان را می‌رساند.

از این بحث کوتاه نتیجه می‌شود که:

۱. استاندارد اون پاریس که در ۱۵۵۴ بدقت اندازه گرفته شده بود، برابر سه پا و هفت اینچ و هشت خط با قیاس با تواز قدیم یا پای پاریس بود؛
۲. اما اون پاریس با تواز جدید شاتله در ۱۶۶۸ اندازه‌گیری شده و به‌جای ۱٫۹۶ متر برابر ۱٫۹۴۹ متر بود، استاندارد اون برابر سه پا و هفت اینچ و ۱۰ و ۵/۶ خط این تواز جدید بود؛
۳. پای قدیم پاریس، مشهور به «پای عمله‌ها»، که در ـ "l'Escritoire prés de Saint Jacques de la Boucherie" نگاهداری می‌شود، بیش از اندازهٔ جدید، طویل است. پای عمله‌ها ۳۲٫۶۶ و پای جدید ۳۲٫۴۸ سانتیمتر است.

در نتیجهٔ خطاهای اندازه‌گیری، ناشی از اندازه‌گیریهای طول با پای پاریس بود؛ زیرا اصلاحات ایجاد شده در سال ۱۶۶۸ در مورد طول تواز را در حساب نمی‌آوردند. با این‌همه اجزای تواز به شش‌پا، هر پا به ۱۲ اینچ و هر اینچ به ۱۲ خط، کلاسیک باقی ماند. هر خط پیش از سال ۱۶۶۸ برابر ۲٫۲۷ سانتیمتر و پس از آن، ۲٫۲۵ سانتیمتر بود.

دقت اندازه‌ها: در طرح بررسی کسرهای خط و افزایش دقت نتایج اندازه‌گیریها، دانشمندان و سازندگان ابزارهای رصد ستارگان و اندازه‌گیری برای یافتن وسایل فنی جهت حل رضایتبخش این مشکلات تلاش می‌کردند.

برای رشته‌های اخترشناسی، دریانوردی و توپوگرافی، کوشش برای کشفیات نوین به‌هدف افزایش دقت ابزارها ارزش داشت، زیرا منجمان بخصوص در جست‌وجوی اندازه‌های زوایای بسیار دقیقی بودند که آنها را به تقسیمات ظریف صفحات مدرج، ربعهای دایره و سکستانها قادر سازند.

درحدود سال ۱۵۰۰، دقت ابزارهای اندازه‌گیری زوایا در ابزارهای کوچک بندرت به یک یا نیم درجه می‌رسید، و در ابزارهای دارای شعاع بزرگ از ۱۵ یا حداکثر ۱۰ دقیقه تجاوز نمی‌کرد.

بنابراین تصمیم گرفته شد تا باکمک خطوط اریب، درجه را تقسیم‌بندی کنند؛ بدین‌ترتیب که بین دو درجه‌بندی متحدالمرکز، درجهٔ «n» یکی را به درجهٔ «n + ۱» دیگری متصل و هر خط اریب را به شش قسمت برابر تقسیم می‌کردند. درجه‌بندی در نقطهٔ تقاطع خط مایل عضاده (الیداد) و

خط اریب خوانده می‌شد. روشن است که اجزای برابر خط اریب ربطی با اجزای درجه نداشتند؛ بنابراین اهمیت آن فقط نسبی بود، زیرا خطای قرائت کمتر از خطای رویت بود.

نمونه‌ای از این طرز درجه‌بندی روی ربع دایره‌ای با قطر ۲/۵ متر، که مورد استفاده تیکو براهه (۱۵۴۶ ـ ۱۶۰۱) بود، کشف شد، که در آن هر درجه به «سدس» و خطوط اریب به ۹ نقطهٔ با فواصل برابر تقسیم‌بندی شده بودند، دقت اندازه‌گیری در این اسباب می‌توانست از یک دقیقه کمتر باشد.

نونث: در ۱۵۴۲ یک ریاضیدان پرتغالی با نام پدرو نونث[1] (۱۴۹۲ ـ ۱۵۷۷) پیشنهاد کرد که از مرکز یک ربع دایره ۴۶ قوس از دوایر متحدالمرکز کشیده شود و بزرگترین قوس را به ۹۰ قسمت برابر تقسیم کنند و بعدی را به ۸۹ قسمت و ... تا اینکه قوس ۴۶ به ۴۵ قسمت تقسیم شود. به گفتهٔ نونث عضاده‌ای که ستاره‌ای را رصد می‌کند، از نزدیک یکی از تقسیمات یکی از قطاعها می‌گذرد. چنانچه P عدد این تقسیم باشد و q عدد تقسیمات قطاع، که حاوی آنهاست، اندازهٔ زاویهٔ مزبور برابر $90 \times \frac{P}{q}$ خواهد بود. جدولی، نتیجه را با تقریب یک‌سوم تعیین می‌کند. این روش که از یکسوی متضمن کار فنی قابل ملاحظه‌ای برای ساختن ابزار، و از سوی دیگر استفاده از جدول می‌باشد، عملی نبود.
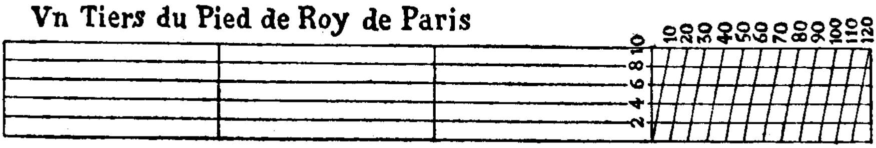
پرگار تناسب (پیرپتی): روشهایی مثلاً از آن نوع که کلاویوس (کریستوفرکلاو)[2] (۱۵۳۷ ـ ۱۶۱۲) پیشنهاد کرده بود، کمکی به حل مشکل نمی‌کردند. اما همه می‌دانستند که برای تقسیم‌بندی دایره، می‌توان از «پرگار تناسب» کمک گرفت. این روش را بخصوص گالیله در سال ۱۶۰۶ در *Le Operazioni del compasso geometrico et militare* (عملیات پرگار مهندسی و نظامی)، و ژاک آلوم[3] (۱۵۶۲ ـ ۱۶۲۷) نیز به تقسیم دایره علاقه‌مند شده بود، و اسنلیوس[4] در رسالهٔ خود با عنوان: *Eratos thenes batavus* شرح داده بودند. بالاخره باید از شخصی با نام پیرپتی[5] اهل مونلوسون[6] (۱۵۹۸ ـ ۱۶۷۷) نام برد که پس از اینکه از شاه در سال ۱۶۲۵ اجازه گرفت رساله‌ای با عنوان: *L, usage ou le moyen de pratiquer per une régle toutes les opérations du compas de proportion* (کاربرد یا روش اجرای همهٔ عملیات مربوط به

1. P. Nunez   2. Clasuis (Christopher Klau)   3. J. Alleaume

۴. Willebrord Snellius (۱۵۹۱ـ۱۶۲۶) ریاضیدان دانمارکی.

5. P .Petit

۶. Montlucon ناحیه‌ای در بوربونه، کنار رودخانهٔ شر، در فرانسه.



شکل ۹۲.خط‌کش چهار اینچی ($\frac{1}{3}$ پا) با تقسیمات دهم خط (از نظر مرسن).

پرگار تناسب به‌کمک یک خط‌کش) انتشار داد. در صفحهٔ ۱۸ قسمت دوم این اثر تحت عنوان: ساختن خط‌کش و پرگار تناسب، طرز تقسیم‌بندی خط‌کش به ۱۰۰ قسمت برابر را توضیح می‌دهد.

خطوط اریب (مرسن): اینچ را هم می‌توان به ۱۲ قسمت یا خط تقسیم کرد و خط را نیز به ۱۲ بخش، و آن‌طور که آقای مرسن[1] در نوشتهٔ خود تحت عنوان *Verité des sciences* (حقیقت علوم) اظهار می‌دارد، «هر خط را می‌توان به‌هر تعداد که دلخواه ماست تقسیم کنیم و این‌کاری بس ظریف است، زیرا به‌علت خردی بسیار، با نوک پرگار شدنی نیست». روش کار ساده است، باید یک دوازدهم خط، حدود ۰٫۲ میلیمتر را از راه سیستم اریب به‌دست آورد (شکل ۹۲) که راهی برای تقسیم خط به یکدهم است. در قسمت راست شکل یک اینچ به ۱۲ قسمت، یعنی به خطوط تقسیم شده است. خطوط اریب یکی از تقسیمات پایینی را به تقسیمات حاشیهٔ بالایی وصل می‌کنند. این خطوط اریب خطوط موازی را در حاشیه‌های خط‌کش قطع می‌کنند و عرض خط‌کش را به‌پنج بخش برابر قسمت کرده‌اند. نقاط تقاطع این خطوط اریب با خطوط موازی، فاصله‌ای برابر ۰٫۲ خط دارند که موازی حاشیهٔ خط‌کش حساب شده‌اند.

در مورد پرگار و جنبه‌های فنی گوناگون آن ـ پرگارهای با لولای مسطح، پرگارهای بازودار، پرگارهای تقسیم و غیره ـ پرگارهایی که لئوناردو در دست‌نویسهای گوناگون خود طرح کرده است، خواننده می‌تواند به نوشته‌های مفصّل و مشروح موریس دوما در مورد سازندگان اولیه فرانسوی ابزارهای علمی مراجعه کند.

پیر ورنیه مخترع «ورنیه»: در نیمهٔ نخست سدهٔ هفدهم بود که پیر ورنیه[2] (۱۵۸۰ ـ ۱۶۳۷) متولد شهر اورنان از فرانش کنته فرانسه، که علاقهٔ شدیدی به تهیهٔ نقشه‌های جغرافیایی در او بود، وسیله‌ای را که به نام اوست، اختراع کرد.

رسالهٔ او ۱۲۲ صفحه دارد و در بروکسل با عنوان: *La construction, l'usage et les propriétés du quadran nouveau de mathématique ...* (ساختمان، کاربرد و

۱. Mersenne ۱۵۸۸ـ۱۶۴۸ دانشمند فرانسوی.

2. P. Verniér

خصوصیات ربع دایره جدید ریاضیات) انتشار یافت و بسرعت، لااقل در محافل متخصص، مشهور شد، زیرا ژان باتیست مورن[1] (۱۵۸۳ ـ ۱۶۵۶) منجم و ریاضیدان در یکی از نوشته‌های سال ۱۶۴۰ خود به ورنیه اشاره کرده بود. او ضمن صحبت از آن ابزار گفته بود که درواقع صنعتگری به نام فریه آلات رصد را برای او ساخته است و «ساختمان آنها با دقت تمام انجام گرفته است، لیکن با این‌همه روش بدون خطوط اریب که اختراع پیر ورنیه در سال ۱۶۳۱ می‌باشد، از آنها بهتر است».

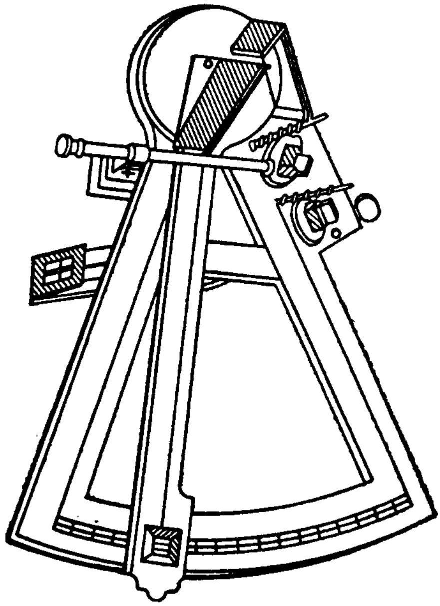
اما ابزار ورنیه بسیار دیرتر از زمان اختراعش مورداستفادهٔ نقشه‌کشی قرار گرفت، یعنی در ثلث نخست سدهٔ هجدهم، زمانی‌که وسایل رصد به آن حد از دقت رسیده بودند که استفاده از ورنیه مفید تشخیص داده می‌شد. در این زمان ورنیه را با نخستین اکتان (ثمن)های ساخت جان هدلی نورشناس انگلیسی انطباق می‌دادند، که بعدها سکستان (سدس) کشتی جای آن‌را گرفت. همه می‌دانند که از سال ۱۶۹۹ نیوتون طرح این وسیله را براساس دو آینه ریخته بود، که یکی از آنها می‌گردید و توجیه‌پذیر بود و صورت رصد شده را در دیگری که ثابت و با اولی در یک خط بود، منعکس می‌کرد. زاویهٔ این‌دو جهت، که دو برابر زاویهٔ دو آینه بود، بر روی یک دایرهٔ مدرج خوانده می‌شد. از همان ابتدای کاربرد این وسیله، توانستند عرضهای جغرافیایی را با دقتی برابر یک دقیقه زاویه تعیین کنند، که نتیجهٔ درخشانی بود (شکل ۹۳).

دقت و وسعت میدان دید: ورنیه از لحاظ نظری می‌توانست دقت بی‌نهایت داشته باشد، اما در عمل، پهنی خطوط درجه‌بندی، دقت آن‌را محدود می‌ساخت. این خطوط در قرائت اندازه‌ها اخلال می‌کردند و نتایج اندازه‌گیری را نامطمئن می‌ساختند.

این نمونه نشان می‌دهد که تنها زمانی می‌توان با اعتماد بدقت زیادتری دست یافت که روشهای فنی منطبق با تجربه و نیز با ماهیت مقادیر فیزیکی مورد اندازه‌گیری، در راه به‌دست آوردن دقت بیشتر و نیز میدان دید گسترده‌تر، خود از تکامل بسیاری بهره‌مند شده باشند. این حکم‌تجربی در بیشتر زمینه‌های مترولوژی اعتبار دارد. راه‌حلی که برای مسائل پدید آمده یافت شده‌اند، ریشه در پیشرفت نورشناسی، بویژه در سده‌های هفدهم و هجدهم دارند.

در راه بهترسازی تکنیک ابزارهای اندازه‌گیری و رصد، تراش شیشه و بی‌غش بودن آن مهم بوده‌اند؛ عدسیها، میکروسکپها، تلسکوپها و غیره ـ روشهای نورشناسی میدان دید را در جهان ماکروسکپی و میکروسکپی توسعه دادند. با افقهای جدیدی که در برابر دانشمندان باز شده بود، اختراع و خلق ابزارهایی که بتوانند آنچه را چشم می‌بیند با کمترین خطا اندازه گیرند، حتمی می‌نمود.

1. J.B. Morin



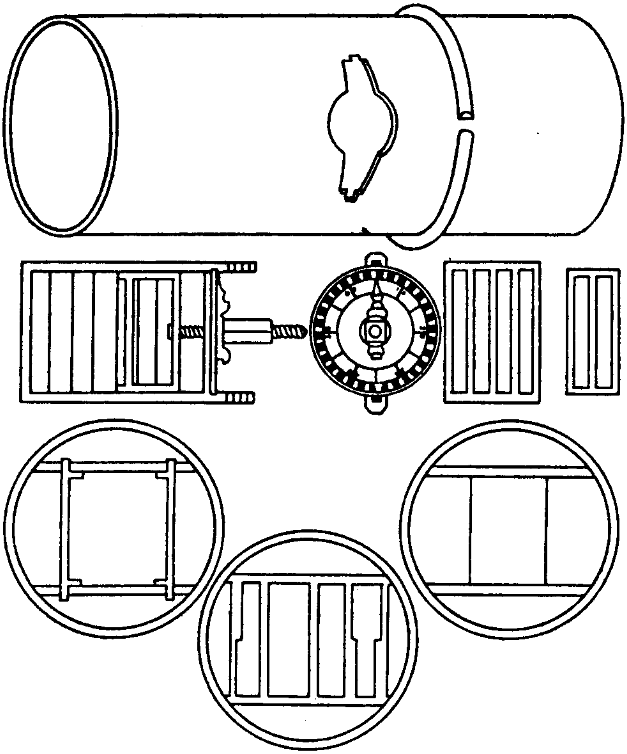
شکل ۹۳ اکتان ساخت جان هدلی. وسیلهٔ رصد انعکاسی (۱۷۳۱) (از نظر مارگه).

اوزو و میکرومتر او: اصول ساختمان میکرومتر (ریزسنج) با سیم متحرک ـ یعنی با پیچی که به شبکه‌ای از سیمها متصل باشد ـ که با نام آدرین اوزو[1] (۱۶۲۲ ـ ۱۶۹۱) دانشمند و ریاضیدان فرانسوی معروف شده است، دقیقاً بر پایهٔ روشهای علمی و وسایلی از اندازه‌گیری است، که کاهش چشمگیر خطای اندازه‌گیری را ممکن می‌سازند. آدرین اوزو در سال ۱۶۶۶ شرح مفصّلی از نوعی ریزسنج پیچی که مجهز به سیمهای متحرک و سیمهای ثابت بود، داده است. دامنهٔ حرکت سیمهای متحرک نسبت به سیمهای ثابت تابع گام پیچ است. چنانچه حرکت طولی به‌اندازهٔ یک اینچ (حدود ۲٫۲۷ سانتیمتر) مربوط به ۲۰ گام پیچ باشد و اگر صفحهٔ ریزسنج مثلاً به ۴۰۰ قسمت برابر تقسیم شده باشد، بی‌درنگ معلوم می‌شود که هر قسمت برابر حرکتی معادل ۲٫۸ مو می‌باشد (شکل ۹۴).

تکنیک ریزسنج در قسمت میکروسکپ یا لولهٔ رویت راه‌حل مؤثری برای مشکلات مطرح شده در بالا بود، که از آن جمله می‌توان از توسعهٔ میدان دید نام برد و در نتیجه، اندازه‌گیری با دقتی بسیار بیشتر از گذشته انجام می‌گرفت.

در مقاله‌ای که اوزو در آنسیکلوپدی تحت عنوان *Micrométre* درج کرد، اینچ به ۲۴۰۰ قسمت

1. A. Auzout



شکل ۹۴. شمای میکرومتر اوزو.

برابر تقسیم شده بود. درآن مقاله همچنین در بارهٔ «نظریهٔ توانمند دکتر جیمز جورین[1] (۱۶۸۴ ـ ۱۷۵۰) پزشک و ریاضیدان انگلیسی که توانست با ترکیب میکروسکپ و میکرومتر یک گلبول قرمز خون انسان را اندازه گیرد، و قطر آن را ۱/۱۹۴۰ اینچ تعیین کند» سخن رفته است. گرچه این رقم کاملاً دقیق نیست، اما تقریب به‌دست آمده بسیار جالب بود، زیرا مقدار داده شده بوسیلهٔ جورین مربوط به شعاعی حدود ۵ مو می‌باشد، درحالی‌که مقدار متوسط این شعاع چیزی حدود ۳ مو اندازه گرفته شده است.

این واقعیت بسیار شگفت‌انگیز است که میکروسکپ میکرومتری که می‌توانست خدمات شایانی به مترولوژی انجام دهد، در قسمت اندازه‌گیری طول خطها، به‌طوری‌که آلبرپرار[2] اظهار می‌دارد تا ربع پایانی سدهٔ نوزدهم هیچ کاربردی نداشته است.

1. J. Jurin 2. A. Pérard

کالیبرها(دهانه‌ها): جنبهٔ دیگری از اندازه‌های بعدی را نیز باید مورد توجه قرار داد، و آن «کالیبرها» می‌باشند، که در صنعت و بویژه در صنایع اسلحه‌سازی کاربرد دارند. گرچه در این‌باره مدارک بسیار گویایی در دسترس نیست، ولیکن ما نمی‌توانیم این واقعیت را ناگفته بگذاریم که در حوالی پایان سدهٔ پانزدهم زرادخانه و نیز حدود ۱۶ هزار تکنسین و کارگر در آن اشتغال داشتند، موظف بود که در موقع بحرانی بتواند با سوار کردن قطعات پیش‌ساخته در هر یک کشتی جنگی از نوع گالی بسازد. آیا این واقعیت نمونهٔ شگفت‌انگیزی از سلطهٔ استانداردها و نرمها بر تولید سری قطعات کالیبر شده نیست؟

نمونه دیگر که به‌دوران ما نزدیکتر است: در سدهٔ هفدهم، کار ساخت و کنترل سلاحها بستگی شدیدی به استفاده از کالیبرهای استاندارد شده داشت. این استانداردها محققاً تقریبی اما کاملاً اساسی بودند؛ مثلاً قطر دهانهٔ توپ می‌بایست با قطر و حجم گلوله دقیقاً بخواند. برای بازرسی دقت کالیبرها، از نوعی پرگار با ساقهای خمیده استفاده می‌شد. این ابزار، اندازه‌گیری قطر دهانهٔ توپ و گلولهٔ آن‌را ممکن می‌ساخت. درجه‌بندی یک ساق پرگار متناسب با کالیبر دهانه توپ و گلوله بود و داخل آن ساق چاکهایی دیده می‌شد، که با مقاطع آن کالیبرها می‌خواند. از بیرون پرگار برای اندازه‌گیری دهانهٔ توپ و از داخل آن برای سنجش قطر گلوله استفاده می‌شد.

در مقایسهٔ جدولهای مربوط به کالیبرها که در سال ۱۷۰۷ انتشار یافته با جدولهایی که در کتاب آقای نیکلابیون با عنوان: *Traité de la construction et des principaux usages des instruments de mathématiques* (رساله‌ای دربارهٔ طرز ساختمان و کاربردهای اساسی ابزارهای ریاضی) آمده است، تفاوتهای بسیار جزئی دیده می‌شوند. گفته می‌شود که کوچکترین تقسیم‌بندی کالیبرها به اینچ، خط و اجزای خط راست که بندرت از یک‌هشتم خط که حدود ۰٫۳ میلیمتر است، کوچکتر می‌شوند. در سدهٔ هفدهم، چنانکه قبلاً گفتیم، گمان می‌بردند، که می‌توانند تا ۱/۱۲ خط (= ۰٫۲ میلیمتر) را به‌کمک خطوط اریب اندازه بگیرند. کسانی‌که به این تقریب دلخوش داشتند، به‌کار خود چقدر خوشبین بودند!

با این مرور بسیار اجمالی تعدادی از اندازه‌های بعدی متداول در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم تا ربع نخست سدهٔ هجدهم به‌نظر می‌رسد که دقت در اندازه‌گیری بسیار آهسته به‌پیش می‌رفت و می‌بایست از سوی مشاهده‌کنندگان در تماس مستمر با تجربیات و نیز سازندگان ابزارهای اندازه‌گیری تلاشهای بسیار زیادی انجام گیرد. گرچه این سازندگان غالباً ناآگاه، با مصالح خامی کار می‌کردند، لیکن نبوغ آنها در ساختن انواع وسایل و عشق آنها برای انجام کارهای دقیق سبب می‌شد که در

ساختن مدلها چنان توفیقی یابند که امروز هم تعجب هر بیننده را برمی‌انگیزد.

از سدهٔ شانزدهم تا اوایل هجدهم دقت در کار اندازه‌گیری زاویه‌ها از یک درجه به دقیقه رسید (سکستان هدلی)، اگر احتیاط کرده و نگوییم به نیم‌دقیقه.

تقریباً در همین دوران، دقت در اندازه‌گیری طولها، در بهترین وضع از یک‌چهارم خط (= ۰٫۵ میلیمتر) تجاوز کرده به ۱/۲۵ خط (= ۰٫۱ میلیمتر) رسید، (با تواز پرو ـ مأموریت علمی لاکوندامین).

اما لااقل دو اختراع که پیامدهای تقریباً بی‌نهایت داشتند، روشهای اندازه‌گیری را بارور ساختند: از یکسو ورنیه بود که آغاز بی‌سروصدایی در فرانسه داشت، درحالی‌که انگلستان واقع‌بینانه استفاده از ورنیه را در انحصار گرفت و این ابزار را در کشتیرانی به‌کار برد؛ از سویی دیگر میکرومتر اوزو بود که بعدها در جهان دانش و فن نقش مهمی ایفا کرد.

اندازه‌های گنجایشی پیمانه‌های مواد خشک

در مورد خصوصیات مترولوژیکی واحدهای ظرفیت، چه به‌شکل انگهای استانداردی یا بدل آنها برای رفع نیازهای بازرگانی، ابراز یک عقیده قابل دفاع بسیار دشوار است، زیرا کاربرد آنها تابع قواعدی بود که هرگونه مفهوم اندازه در آن حقیر شمرده می‌شد.

کار سنتی: انجام‌دادن یک اندازه‌گیری «پُر»، «پُر فشرده» یا «لبریز» و غیره، مطابق با طرز کار درست اندازه‌گیری، کاملاً بی‌معنی بود. برای اثبات این نظر، تنها یک مثال کافی است. این مثال از یک گزارش به تاریخ ۱۵ فوریه ۱۴۵۸ مربوط به سنجش اندازه‌هاست. تعدادی از پیمانه‌های مسی در هتل دوویل[1] پاریس نگاهداری می‌شود و برای تطبیق‌دادن اندازه‌های چوبی با این استانداردها، اندازه‌گیران دولتی که برای این منظور از دانه‌های خشک چاودار استفاده می‌کردند، می‌بایست «دو پیمانهٔ پهن و ته‌صاف چوبی با لبه‌های کنگره‌دار داشت. دانه‌های چاودار را هم در ظرف استاندارد و هم در این پیمانه‌های چوبی می‌ریزند. دو نفر پیمانه کننده با گرداندن مشتهای پر از چاودار خود، محتویات آن‌را در ظرفها خالی می‌کنند. در مورد پیمانه‌های استاندارد، پیمانه کننده باید تا ارتفاعی که دستهایش اجازه می‌دهند، چاودار بریزد، اما در پیمانه‌های آنها باید چاودار را تا نزدیکی لبه آن بریزند.»

برای اینکه به تقلب پیمانه‌کننده‌ها و شکایات مکرر بازرگانان از آنان پایان داده شود، حکومت با یک رشته تصمیمات که طی سالهای ۱۶۶۹ ـ ۱۶۷۱ اتخاذ کرد، دست به‌کار تهیه پیمانه‌های

۱. Hôtel de Ville ساختمان مرکزی شهرداری.

جدید استاندارد شد که از جملهٔ آنها می‌توان از: مینو[۱]، بواسو[۲]، کارت[۳]، نیم کارت، لیترون[۴] و نیم لیترون نام برد، که برای دانه‌های خشک بود و آنها را می‌بایست با مفهوم قدیمی تا «پر» پیمانه کرد. پیمانه‌های چوبی را می‌بایست با قیف، که در آن‌زمان برای اندازه‌گیری نمک مورداستفاده بود، پر می‌کردند. همهٔ این پیمانه‌ها لبالب پر می‌شدند. ابعاد پیمانه‌های چوبی برای جزئی فروشی غله، آرد و غیره باید درست مطابق ابعاد ظروف استاندارد می‌بودند.

باید توجه داشت که این ظروف از نظر ساختمان تفاوت چندانی با پیمانه‌های رومی و پیمانه‌هایی که اکنون نیز به‌کار می‌روند، نداشتند. پیمانهٔ مینوگندم باید یازده اینچ و نه خط (خدود ۳۱٫۸ سانتیمتر) ارتفاع و قطری برابر یک پا و دو اینچ و هشت خط (حدود ۳۹٫۷ سانتیمتر) داشته باشد. و نیز باید «پیش از آنکه به پیمانه کردن بپردازند، حجم دستهٔ آهنی، پیکان آن، صفحه‌ای که آن‌را نگاه می‌دارد و نیز چهار قلابی که نگهبان ته پیمانه هستند، درنظر گرفته و منها گردند».

چنانچه از مینو (۳۹٫۲۷ لیتر) به‌عنوان استاندارد (استانداردی که در ۱۸۰۰ برابر ۳۹٫۱۲ لیتر بوده است) شروع کنیم و بطرف بواسو (یک‌سوم مینو) و نیم بواسو، کارت، نیم کارت، لیترون، نیم لیترون، ربع لیترون و ثمن لیترون پایین رویم، بر اثر رابطه‌ای که مقادیر داده شده با یکدیگر دارند، تفاوتهای نسبی در برخی مقادیر مشاهده می‌شوند که از ۰٫۶− تا ۱٫۷+ درصد نوسان می‌کنند. واقعیت این است که برای ریخته‌گر، ساختن یک پیمانهٔ فلزی دقیقاً مطابق استاندارد کار ساده‌ای نبود، و ما در جلد بعدی این کتاب، جایی‌که از ساختن استانداردهای شهر لیون که در سال ۱۷۷۱ زیر نظر دانشمندان انجام گرفت، سخن می‌گوییم، نظری هم به این مشکلات خواهیم انداخت.

وجود استانداردها بسیار غنیمت است، زیرا گاهی ـ پس از اینکه آنها را اندازه می‌گیرند ـ نه‌تنها مقایسهٔ نتایج به‌دست آمده را با جدولهای مربوطه که در زمان استقرار سیستم متری تهیه شدند، امکانپذیر می‌سازد، بلکه علاوه‌بر آن کنترل ثابت‌ماندن برخی واحدها را نیز اجازه می‌دهد. در زیر نمونه‌ای می‌آوریم.

استاندارد مینو در شهر شاتودون[۵] تاریخ ۳ نوامبر ۱۷۲۳ را بر خود دارد. قطر آن ۳۷ و ارتفاع آن ۲۳ سانتیمتر است، بدین‌ترتیب ۲۴٫۷۵ لیتر گنجایش دارد. درحالی‌که جدول ظرفیت آن را ۲۴٫۱۲ لیتر معین کرده است. بدین‌ترتیب یک موويد[۶]+ یک مینو شاتودون برابر نه ستیهٔ[۷] شهر شارتر است. چنانچه هر مینو شاتودون برابر ۲۴٫۱۲ لیتر (مقداری که در جدول آمده است) باشد،

1. Minot 2. Boisseau 3. Qurte 4. Litron

۵. Chateaudun شهری در ایالت اور ـ ۱ ـ لوار، نزدیک لوار در فرانسه.

6. muid 7. setier

هر ستیهٔ شهر شارتر ۱۳۱٫۳ لیتر و هر مینو آن شهر، ۳۲٫۸ لیتر است. دیده می‌شود که استاندارد مینو در شهر شارتر، به تاریخ ۱۲۸۳ که در موزهٔ این شهر نگاهداری می‌شود، برابر ۳۱٫۷ لیتر است. ارقام بخوبی با یکدیگر می‌خوانند، زیرا این تغییرات، در مدتی لااقل حدود پانصد سال، نه‌تنها به‌سایش و فرسایش وزنه‌ها منسوب می‌شود، بلکه مربوط به خطاهایی هم هست که درگذشته در ساخت استاندارد مرتکب شده بودند.

اندازه‌های سنگی: اندازه‌های گنجایش برای مواد خشک، مستلزم فلزی بودن آنها نیست، لااقل نمونه‌های قانونی آنها که غالباً تراشیده شده بودند، درگذشته از سنگ بودند، که در سراسر تاریخ رواج داشته تا اینکه سیستم متری دهدهی به‌طور قاطع جانشین آن شد (۱۸۴۰). ریشهٔ این اندازه‌ها درگذشته‌های دور تاریخ ناپیداست، زیرا یونانیها و رومیها از اندازه‌هایی به‌طور محسوس، یکسان استفاده می‌کردند. (سکوما[۱] شهر دلوس[۲]؛ میسا[۳] شهر پمپی، اوکس[۴] و غیره). روش ساخت این اندازه‌ها در جهان باستان شناخته شده است و همان‌طور نیز در غرب ادامه یافته است. طبق این روش در یک قلوه‌سنگ، گودیهای کوچکی ایجاد می‌کردند و این گودیها معمولاً تزیین می‌شدند. سنگ با دو میله می‌توانست روی یک خرک قرار گیرد، و بدین‌طریق گودیها همین‌که پر می‌شدند، محتویاتشان را می‌شد فوری خالی کرد.

در بعضی بازارها، بازرگانانی که از نواحی مجاور آمده بودند، گاهی در دادوستد از پیمانه‌های غیرمعمول در محل استفاده می‌کردند؛ در نتیجه نیاز به برقراری یک ردیف از اندازه‌هایی که کاربرد آنها آسان و مناسب مقتضیات دادوستد باشد، احساس می‌شد. از این‌روی ما با دسته‌هایی متشکل از دو، سه، چهار و گاهی چندین پیمانه مواجه می‌شویم.

این پیمانه‌ها می‌بایست همیشه در محل باشند مثلاً آنها را به پل می‌بستند (پل بیون[5] واقع در ایالت پویی دودوم)[۶]. در چنین حالتی پیمانه‌ها در قسمت پایین خود، دارای نوعی توپی بودند، که اجازه می‌داد تا هر اندازه که مایل باشیم دانه درون پیمانه بریزیم، آن‌گاه سوراخ را ببندیم. گنجایش این پیمانه‌ها معمولاً زیاد و در حدود ده لیتر، پنج لیتر و غیره بود.

در سال ۱۱۸۷ شهر پاریس دارای «استاندارد سنگی مینا»[۷] شبیه یک کله‌قند بود که در کلیسای کوچک سن لوفروا[۸] نگاهداری می‌شد و در سال ۱۶۸۴ که کلیسا را خراب می‌کردند، هنوز

1. secoma

۲. Delos جزیره‌ای در دریای اژه نزدیک ساحل یونان.

3. measa 4. Auch 5. Billon 6. Puy-de-Dôme

۷. mina واحدی از وزن در یونان، مصر و غیره که برابر یک پوند بود.

8. Saint-Leufroy

آنجا بود. شهر آلبی خیابانی با نام a' la Piala دارد که در گذشته، پیمانه‌های رایج را در آن ردیف کرده بودند. پیمانه‌های سنگی در سدهٔ سیزدهم در میدان کاتدرال درگوشه‌ای به نام پیل pile نگاهداری می‌شدند، و این نمونه از اندازه در سراسر قلمرو حکومت به‌کار می‌رفت.

پیمانه‌های مایعات

بیشتر پیمانه‌های قانونی مایعات، فلزی و از نوع برنج یا مفرغ بود. برای رفع نیازهای بازرگانی، این ظروف را از ماسه سنگ، چوب، قلع، شیشه و غیره می‌ساختند. در سال ۱۶۳۵، حاکم شهر لیون برای ساختن «شش قالب چدنی جهت نمونه‌های استاندارد از دوکوره، دو خم، دو خمره (نیم‌خم)»، با یک ریخته‌گر اهل لیون قراردادی بست. در سالهای ۱۵۸۸ ـ ۱۵۸۹ درکامبره[1] آقای میشیل لزک[2] «ظرف دیگری ریخته‌گری کرد که برابر کوزهٔ شهرداری گنجایش داشت.»

معمولاً روغن، هم به‌طور وزنی و هم به‌طور حجمی فروش می‌رفت، ظرف آن، وزن معینی از روغن را گنجایش داشت. حدود اواخر سدهٔ هفدهم و اوایل سدهٔ هجدهم، بطریهای اندازه‌دار به بازار آمدند. مجموعه‌ای که در موزهٔ پل دوپویی[3] واقع در تولوز نگاهداری می‌شود، چندین عدد بطریهای از این‌نوع را شامل می‌شود. این شیشه‌ها که منشوری‌شکل (شبیه تنگهای بلور) هستند، گردنی دراز و دسته‌ای فلزی با عرض چند میلیمتر دارند که طوقه‌ای آن را نگاهداشته است. این شیشه‌ها ارتفاعی را که باید مایع به آن برسد تا حجم قانونی را واجد باشد، نشان می‌دهند.

اسناد و نمونه‌های موجود کاربرد این ظروف را در سن اومر، بولونی سورمر، مونتوبان، کائور[4]، اوزس، بورگ و غیره گواهی می‌دهند. با این‌همه باید توجه داد که در سدهٔ سیزدهم، در سال ۱۲۹۲ این بطریهای نشان‌دار، بوسیلهٔ می فروشان مونپلیه رواج کامل یافتند.

اندازه‌گیری بشکه‌ها

در این مرور سریع روشهای صنعتی قدیم اندازه‌های ظرفیت، نمی‌توان از بشکه‌ها، چلیکها، خمره‌های چوبی و غیره نام نبرد، که برای حمل‌ونقل شراب به‌کار می‌رفتند. محتوی عملی آنها بوسیلهٔ نشانه‌ای معین شده بود. اگر همهٔ این «سفاین» برپایه واحدهای معینی ازقبیل پای پاریس درجه‌بندی شده بودند، درک گنجایش آنها و استفاده از واحدی همگانی و رایج در همه‌جا آسان می‌شد. اما چنین

---

۱. Cambrai شهری در ولایت لوز، کنار رود سکلت در شمال فرانسه.

2. Michiel Lesecq 3. Paul Dupuy

۴. Cahors مرکز ولایت لوت، کنار رود لوت در ۵۷۰ کیلومتری جنوب پاریس.

نبود، زیرا ابعاد بشکه‌ها یکسان نبود. لیکن «حقوق مالیاتی» که بوسیلهٔ فرمان ژوئن ۱۶۸۰ وضع شد، مقدار مالیات را برحسب مقدار دقیق محتوی این ظروف معین ساخت.

برای رفع کشمکشهای بین مأمورین مالیات و مؤدیان، که به علت یکسان نبودن ظروف و دشواریهای ناشی از نشانه‌گذاری ایجاد می‌شد، در سال ۱۷۴۲ مقیاسی مقرر شد که محتوی ظروف را بدان‌وسیله می‌توانستند بدقت تعیین کنند. روشی که اجرا می‌شد (این‌روش را آکادمی علوم تأیید کرده بود)، کنترل کردن پیمانه با استوانه‌ای بود که قطر آن برابر متوسط فطرهای ته و شکم و ارتفاعش برابر ارتفاع متوسط بشکه‌ها بود. برای اینکه کار مأمورین مالیات آسان شود، مقیاسی که رسماً با موافقت شاه اعلام شده بود، اجازه می‌داد که پس از تعیین این‌دو اندازه، بی‌درنگ با «تقریب یک پینت» محتوی «سفاین» را به موود (= ۳۶ ستیه، هر ستیه = ۸ پینت) تعیین کنند. ستیه و موود از نوع پاریسی بودند. این پینت حدود ۰٫۹۳ لیتر بود، مقداری که از سدهٔ چهاردهم به بعد تغییری نیافت. فرمان اکتبر ۱۵۵۷ و نامه‌های مربوط به‌ثبت اختراعات سال ۱۷۰۵، هر موود پاریس را برابر ۲۸۸ پینت (حدود ۲۶۸ لیتر) با ۳۷٫۵ ستیه (حدود ۲۸۰ لیتر) تثبیت کرده است. همین فرمان هر پیپ[1] یا کو[2] را برابر ۱٫۵ موود اعلام داشته است.

پژوهشهای متعددی در مورد تعیین گنجایش بشکه‌ها انجام گرفته است که از آن‌جمله می‌توان از کارهای شارمورگان[3] (۱۶۵۳)، نولو[4] (۱۶۶۸)، پزناس[5] (۱۷۴۲ـ۱۷۴۹) و بیون (۱۷۵۲) نام برد.

اندازه‌های جرم

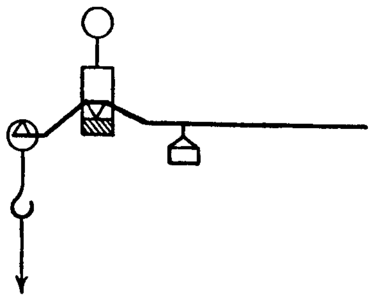
انواع ترازو

ترازوی دو کفه‌ای و ترازوی قپانی: روشن است که ترازوی شاهین‌دار، قدیمیترین و مستمرترین عنوان اشرافی داشته‌اند، زیرا از زمان باستان تا دوران معاصر فعال می‌باشند. تنها در حوالی سدهٔ دوم یا سوم پیش از میلاد مسیح بود، که قپان یا statera ساخته شد. این‌دو وسیلهٔ توزین همواره تا زمانهای ما در کار بوده‌اند.

ترازوهای شاهین‌دار، منضمات لاینفکی با نام: وزنه دارند، اما قپانها برخلاف آنها می‌توانند بدون وزنه هم عمل کنند، زیرا تعادل بار با جابه‌جا کردن یک سرنده (که نام قدیم آن aequipondium بود) عملی می‌شود، که روی میلهٔ مدرج قپان می‌توان آن‌را جابه‌جا کرد (شکل ۹۵).

از نظر تکنیکی طرز کار این دو وسیله برپایهٔ قوانین اهرم است. شرایط مکانیکی تعادل آنها، که

1. pipe 2. queue 3. Charmorgan 4. Naulot 5. Pézenas



شکل ۹۵.شمای یک قپان ساده.

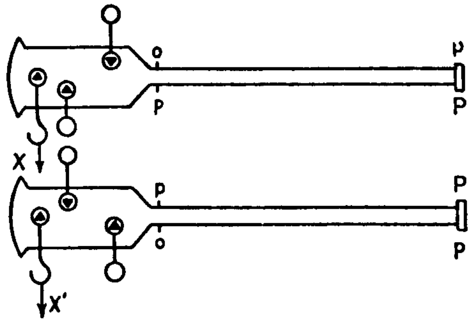
از دیرزمان به‌طور تجربی شناخته شده بود، در سدهٔ دوازدهم بوسیلهٔ یوردانوس نموراریوس[1] اعلام شد. اما حتی پیشتر از آن نیز اعراب در این زمینه، مقداری اطلاعات تجربی گرد آورده بودند، زیرا الیاس نصیبین (مرگ ۱۰۴۹ میلادی) در رساله‌ای که دربارهٔ ترازو نوشته است، توجه را به این نکته معطوف می‌دارد که هر ترازوی با شاهین بلند و سبک با تیغهٔ منشوری که روی نقطهٔ اتکای اهرم قرار دارد، بسیار حساستر از ترازویی است که شاهین آن کوتاه و سنگین و محور مرکزی نوسان آن استوانه‌ای است.

طریقهٔ ساخت و خصوصیات ترازو: در سال ۱۵۵۷ هانری دوم به‌سازندگان وسایل توزین (صنف ترازوسازان) امر کرد که فقط ترازوهایی بسازند، که شاهین آن مجهز به «میخ» چهارپر باشد، یعنی زبانه آن نوک تیز باشد. (اصطلاح «میخ» که محور نوسان وسیله را ایفاد می‌کند در سدهٔ هفدهم هم بوسیلهٔ دانشمندانی نظیر روبروال، دو لاهیر و غیره به‌کار رفته است) و باز فرمان داد که ترازوهایی که این‌چنین نیستند، شکسته شوند یا تبدیل به ترازوهای دارای میخ چهارپر گردند. باید گفت که این تصمیمی عاقلانه بود، زیرا این محور مرکزی تقریباً همیشه استوانه‌ای و حتی گاهی یک تکه چوب بود!

بررسی چند ترازوی این دوران با دید مترولوژیکی ـ نمونه‌های آن بسیار نادر می‌باشند ـ و ابزارهای سدهٔ هفدهم و آغاز سدهٔ هجدهم، مقدار دانش ترازوسازان ـ بدون شک تجربی ـ آن‌دوران را بر ما آشکار می‌سازد و اینکه این صنف مسائل مربوط به ساخت و میزانسازی وسایل اندازه‌گیری را لااقل در کارگاههای پاریس، لیون، روان و نیز در هلند و آلمان توانسته بود کم‌وبیش حل کند.

آنان می‌دانستند که شرط اصلی دقیق بودن این وسایل، برابر بودن طول دو طرف شاهین ترازوست و در غیر این حالت می‌گفتند که شاهین «سربار» دارد. درگذشته برای تصحیح این عیب،

1. Jordanus Nemorarius



شکل ۹۶.شمای یک قپان دو طرفه (طرف ضعیف در بالا و طرف قوی در پایین).

ترازوسازان، تیغه را دستکاری و یا شاهین را چکشکاری می‌کردند، تا طول بازوی طویلتر را بکاهند. آنها هرگز از یاد نمی‌بردند که لبه‌های سه محور باید راست و موازی یکدیگر باشند و اینکه گرانش ترازو و در خط عمود به مرکز نوسان و کمی در زیر شاهین باشد.

طرز آویختگی کفه‌ها در انتهای دو بازوی شاهین دستخوش تغییرات متعددی شده است.

مشخصات قپان: خصوصیات مترولوژیکی قپان (به زبان عربی قرسطون)، مانند ترازوهای شاهینی به درجه بالایی از تکامل نرسید. اما وجود این امتیاز که با سُر دادن یک قطعهٔ فلزی روی میلهٔ قپان می‌تواند بدون وزنه بارها را توزین کند، سبب دوام این وسیله شده است.

وانگهی قپان می‌تواند دوطرفه باشد (سبک و سنگین)، و فقط باید آن‌را برگرداند تا طرف آن تغییر کند و به‌همین علت میله‌ای که بار را تحمل می‌کند به‌شکل لوزی ساخته می‌شود. مثلاً می‌توان از سوی سبک آن بارها تا ۵۰ کیلوگرم را وزن کرد، سپس آن‌را برگردانید و از سوی سنگین بارهای از ۵۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم را توزین کرد (شکل ۹۶).

تکامل این وسیله حتی با روشهای نوین نیز دشوار است و با در نظر گرفتن عوامل فنی و ریاضی گوناگون که در این‌کار دخالت دارند، انجام این عمل اکنون از گذشته دشوارتر است.

بازوی قپان با فواصل برابر درجه‌بندی شده است، تا آسانتر نمایش داده شوند. پس از اینکه واحدی (مثلاً پوند) را روی آن معلوم کردند، فقط باید اضعاف آن را، دو، سه یا n بار روی بازو علامت گذارد. ترازوسازان قدیم برای این منظور از «شانه‌های شمشیری» استفاده می‌کردند، قلمهای دندانه‌داری که از «فولاد شمشیر» که بسیار دقیق بود، ساخته می‌شدند و بازوی قپان را تا دمای سرخ‌شدن گرم کرده، «شانه» را روی آن فشار می‌دادند. معلوم است که دقت کار چنین روشی بسیار

کمتر از ماشینهای تقسیم کننده است. این ماشینها (ماشین حسبی رمزدن) تا سدهٔ هجدهم عملاً مورداستفاده نبودند. همچنین نابرابری این درجات نتایج اندازه‌گیری و نیز وضع مکانیکی (دقت، صحت و ...) خود وسیله را مورد تردید قرار می‌داد. بنابراین جای شگفتی نیست که آقای آنتوان پره‌وو[1] ترازوساز پاریسی در ۱۰ آوریل سال ۱۶۷۳ به آقای لارینی[2] مشاور پادشاه هشدار داده باشد که «در ورسای قپانی وجود دارد که ۱۵ پوند را ۲۵ پوند نشان می‌دهد»!

این وسیله تقلب را آسان ساخته بود. جرونیمو کاردان در کتاب خود باعنوان *De Subtilitate* (۱۵۵۶) زمانی‌که ترازو را مورد بحث قرار می‌دهد از traîneau و lisire صحبت می‌کند که اولی قپان و دومی ترازو می‌باشد که هیچ‌کدام رجحانی بر سورتمه(traîneau، بازی با الفاظ) رومی ندارند.

با این اوصاف، قابل فهم است که چرا در مورد متعددی قپان، بی‌ارزش توصیف شده است. بدون تردید قپان به‌طور عمده در نواحی جنوبی رواج داشت، لکین عمدتاً در سدهٔ هجدهم متداول شده است. معمولاً آن‌را با چوب سخت می‌ساختند و علامتگذاری روی آن تغییر یافت و از میخهای برنجی استفاده شد که سر آنها صاف می‌شد. تنها محورهای تعلیق و قطعهٔ سرنده، که با قلابی به بازوی قپان متصل می‌شد، فلزی بودند.

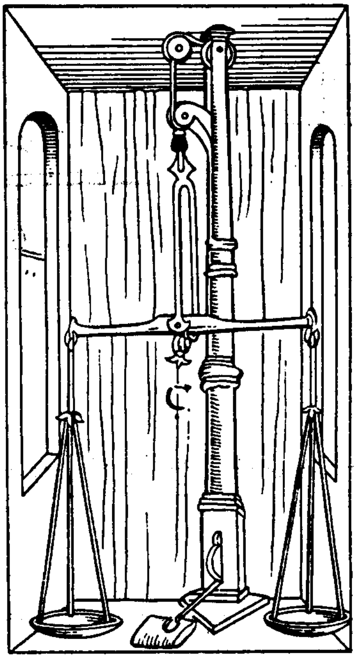
این وسایل که اغلب با خراطی ساخته می‌شدند، در حدود نیمهٔ دوم سدهٔ هجدهم از طرف شهردار لیون ممنوع اعلام گردیدند. سه سدهٔ پیش، اسقف رودز[3] اعلام داشت که قپان «وسیلهٔ تقلب» است.

گستره و دقت: گسترهٔ توزین، در گذشته نیز همچون اکنون، با نیازهای مردم منطبق بود. توزین مقادیر کم با ترازوهای شاهینی انجام می‌گرفت و شاهین آنها ۱۲ تا ۲۰ سانتیمتر و یا بیشتر طول داشت. این ترازوها که تربوشه نامیده می‌شدند، مورداستفادهٔ ضرابها، صرافها، کیمیاگران، عیارسنجان و ... بود.

در «آزمایشگاه‌ها» علاوه‌براین تربوشهٔ کوچک گاهی ناچار می‌شدند از ترازوهای مختلف استفاده کنند تا نتایج رضایتبخشی به‌دست آورند. تجارب مدید آشکار ساخت که توزینهای دقیق در شرایطی ممکن می‌باشند که وسیلهٔ توزین و مادهٔ مورد توزین از محیط منفرد شده باشند. فرمانی که از سوی فیلیپ دو والوا[4] در سال ۱۳۴۳ دربارهٔ ترازوهای ضرابخانه انتشار یافت، اعلام می‌دارد که به‌هنگام توزین سکه‌های مورد آزمایش «بازرس کل ... باید در جایی این‌کار را انجام دهد که اثری از وزش

1. A. Prevost 2. La Reynie 3. Rodez

۴. Ph. Valois ۱۲۹۳ـ۱۳۵۰ که از سال ۱۳۲۸ پادشاه فرانسه شد.

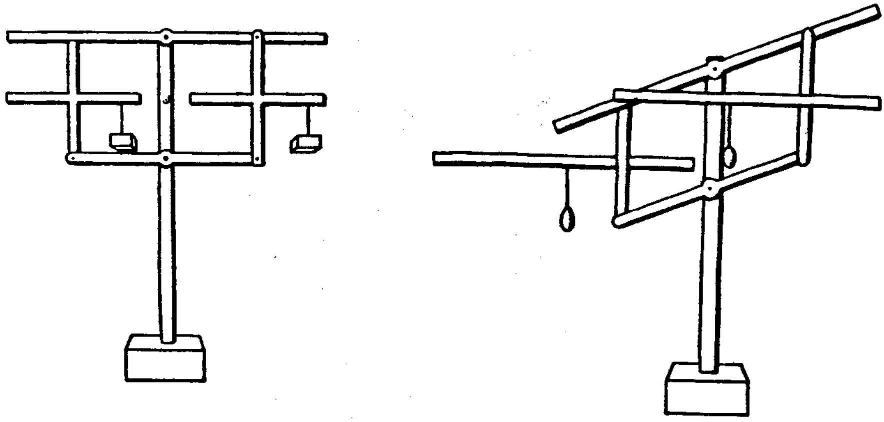


شکل ۹۷.ترازوی آزمایشگاهی آگریکولا (حدود سال ۱۵۳۰)

باد و سرما نباشد و متوجه باشد که تنفس او روی ترازو اثر نگذارد».

تردیدی نیست که به‌همین‌دلیل بود که گئورگ باوئر ۱۴۹۴ـ۱۵۵۵ که مشهور به آگریکولا و کانیشناس پرآوازه‌ای بود از سه ترازوی آزمایشگاهی: سبک، متوسط و سنگین، که در جعبهٔ شیشه‌ای قرار داشتند، برای توزین استفاده می‌کرد. برای اینکه از فرسایش پیش از موقع تیغه جلوگیری شود وسیله‌ای تعبیه شده بود که زمانی‌که از ترازو استفاده نمی‌شد شاهین بالا می‌ایستاد. روش مشابهی در زمان ما انجام می‌شود. اما با استفاده از تکنیک نوین بسیار پیشرفته‌تر است و از خلأسازی، و کنترل دما، فشار، رطوبت و غیره استفاده می‌شود که پرداختن به آنها در سدهٔ شانزدهم ممکن نبود (شکل ۹۷).

ادارهٔ ضرابخانه دارای ترازوهایی بود که قدرت توزین آن قابل تغییر بود و گام توزین آن از نیم اونس (حدود ۱۵ گرم) تا ۱۶ مارک (حدود ۳۹ کیلوگرم) تغییر می‌کرد. این واقعیت که درگذشته از چنین‌وسیله‌ای استفاده می‌شد، ثابت می‌کند که ترازوسازان قدیم در تماس با واقعیت دانسته بودند که در مقیاسها هر قدر اجرام مورد مقایسه کوچکتر باشند، دقت کمتر است. چنین استنتاجی، که



شکل ۹۸.شمای ترازوی روبروال. در چپ، متوازی‌الاضلاع مفصلی؛ در راست، نمایشی که در هر حالت کفه‌ها افقی می‌مانند.

مترولوژیست‌ها بخوبی از آن آگاهند، در مورد همه نوع مواد توزین شونده صدق می‌کند.

در سده‌های شانزدهم و هفدهم تکنیکهای ساخت که به‌سطح افتخارآمیزی رسیده بود در زمینهٔ توزین به‌حساسیتی در حدود ۱/۱۰۰۰۰ برای وزنهای حدود یک یا دو پوند دست یافت. این موفقیت به‌برکت داشتن وزنه‌های مارک piles poids de marc به‌دست آمد که نمونه‌های واقعی یا بدل آنها بودند.

برای توزین بارهای سنگین، بخصوص در زرادخانه‌ها، ریخته‌گریها، آسیابهای گندم و ... از دو نوع ترازو استفاده می‌شد. با ترازوهای استثنایی که شاهین (یا بازوهای قپان) آن بیش از دو متر بود، اشیایی با وزن تا ۱۲۰۰۰ پوند توزین می‌شد. در موزهٔ کارپانترا[1] قپانی از سدهٔ هجدهم نگاهداری می‌شود که با واحدهای متری تقسیم‌بندی شده است، در این‌زمان این سیستم نوین اندازه‌گیری به‌کار می‌رفت، بازوی این قپان کمتر از ۲۰۸ سانتیمتر است.

ترازوی روبروال: ترازوهای قدیم، با هر حساسیتی که بودند، کفه‌های پایین داشتند که با ریسمان یا زنجیری از شاهین آویخته می‌شدند.

در سال ۱۶۶۹ آقای ژیل پرسون‌دو روبروال (۱۶۰۲ـ۱۶۷۵) ریاضیدان، نمونه‌ای از یک ترازوی با کفه‌های بالا به آکادمی تقدیم داشت. ترازوی نوین دارای این امتیاز بود که کفه‌ها را افقی نگاه می‌داشت؛ در نتیجه کار توزین آسان می‌شد. (شکل ۹۸)

---

۱. Carpentras مرکز ولایت و کلوز در فرانسه.

اگر آکادمیسین‌ها از این دستگاه که آن را «معمای روبروال» نامیدند، شگفت‌زده شدند، اختراع این دانشمند هم در جعبهٔ مقوایی آکادمی، مدت یکصدوپنجاه سال در خوابی طولانی فرورفت تا اینکه ترازوسازان فرانسه در سدهٔ نوزدهم آن‌را از جعبه بیرون آوردند و رواج دادند، این درحالی بود که ترازوسازان آن‌سوی مانش بر آنها پیشی گرفته بودند. نمونه‌ای از ترازو براساس ترازوی روبروال را می‌توان در کتاب یاکوب لئوپولد[1] با عنوان: *Theatri statici universalis* منتشر شده در ۱۷۲۶ لایپزیک دید.

ترازوهای خودکار (لئوناردو داوینچی): استفاده از هریک از این‌دو نوع ترازو، مستلزم یک ترازودار است. ترازودار که جنس مورد توزین روی یکی از دو کفه را در اختیار دارد، می‌بایست با گذاردن وزنه‌هایی روی کفهٔ دیگر یا جابه‌جاکردن سرندهٔ قپان تعادل را برقرار سازد. این روش هنوز هم به‌کار می‌رود، گرچه درحال متروک شدن است، زیرا امر توزین خودکار شده است.

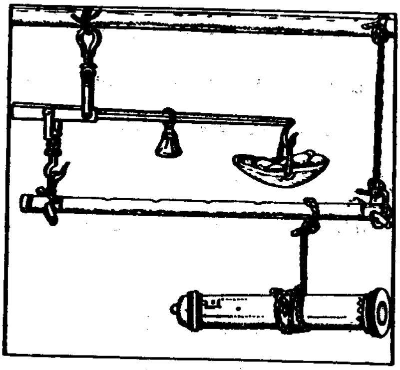
نخستین وسیلهٔ توزین خودکار، در سال ۱۸۷۶ بوسیلهٔ مهندسی فرانسوی با نام دوژور[2] اختراع شد که به‌احتمال زیاد از کار لئوناردو در این‌باره بیخبر بود. آری، لئوناردو، این مهندس و هنرمند پرآوازه (۱۴۵۲ ـ ۱۵۱۹)، بویژه در «خاطرات پنهان» خود نقشه‌هایی بر جای گذاشته است که بدون هیچ‌گونه تردید می‌توان گفت که این فلورانسی اصول مکانیکی کار ترازوهای با قرائت مستقیم را طرحریزی کرده است. آقای هوگو ریمدیوتی[3] اصلاح کنندهٔ اوزان و مقادیر میلان برپایهٔ همین طرحها بود که توانست دستور ساخت دو نوع ترازوی خودکار را بدهد.

کاستن نیروها (بورل، ۱۵۵۴): اختراع دیگری، مانند قبلی، در نوسازی روشهای توزین و گسترش دامنهٔ کار آن نقش داشته است. این اصل کاهش نیرو بوسیله یک ردیف اهرمهای جفتی بود. این اختراع جای برجسته‌ای در کتاب بورل[4] (۱۴۹۲ ـ ۱۵۷۲) ریاضیدان فرانسوی اشغال کرده است. این اصل با عنوان «قدرت» شهرت داشت و در سال ۱۵۵۴ انتشار یافت. اما فقدان روابط بین دانشمندان و صنعتگران مدتها مانعی در راه پیشرفت آن بود و سنن تغییرناپذیر صنعتگران و نیز آیین‌نامه‌های صنفی، که کمکی به اندیشه‌های نو نمی‌کردند، این مانع را قوت می‌داد (شکل ۹۹).

به‌همین‌دلیل بود که نخستین پل قپانی دارای اهرمهای مرکب در بریتانیای کبیر ساخته شد و یک درودگر انگلیسی به نام جان وات اهل ویدفورد[5] (۱۷۰۰ ـ ۱۷۶۶) حدود سال ۱۷۴۱ در بیرمنگام آن‌را ساخت (شکل ۱۰۰).

در سال ۱۸۰۳ پس از گذشت بیش از نیم سده از ساختن پل قپانی جان وات، نخستین پل

1. Jacob Leupold 2. Dujour 3. Hugo Rimediotti 4. Borrel 5. John Wyatt of Weedford



شکل ۹۹. نمایشی از کاستن نیروها، بوسیله ژ.بورل (اواسط سدهٔ شانزدهم).

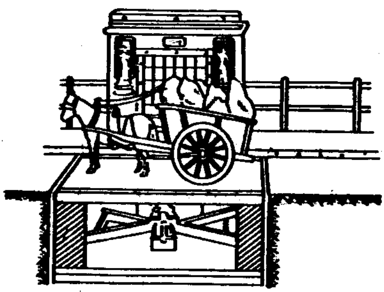
اهرمی بوسیلهٔ مکانیسینی به نام مرلن[1] اهل استراسبورگ ساخته شد.

وزنه‌ها

وزنه‌ها جزء لازم ترازوهای شاهینی هستند. مدتها بود که برای وزنه‌ها هیچ معیار و دستور دولتی نبود. این امر گوناگونی وزنه‌ها را که به میل ریخته‌گر یا ترازوساز تهیه می‌شد، توجیه می‌کند.

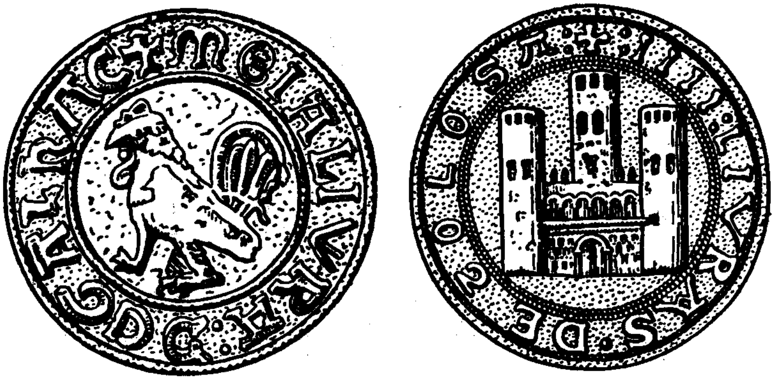
وزنه‌ها معمولاً برحسب بزرگی و محل مورداستفادهٔ از آنها تغییر می‌کرد. مع‌ذلک اشکال زیر رواج داشتند: مخروط ناقص، هرمی، استوانه‌ای، منشوری، ناقوسی (یا چیزی شبیه به آن)، قطعه‌ای از کره، قرصی شکل و . . . بیشتر وزنه‌های قدیم از جنس مفرغ، برنج، چدن، سرب، سنگ بودند.

وزنه‌ها را می‌توان به‌دو گروه تقسیم کرد: گروهی را «مسکوک» و گروه دیگر را بی‌نشان نامید.



شکل ۱۰۰. پل قپانی جان وات (۱۷۴۱).

1. Merlin

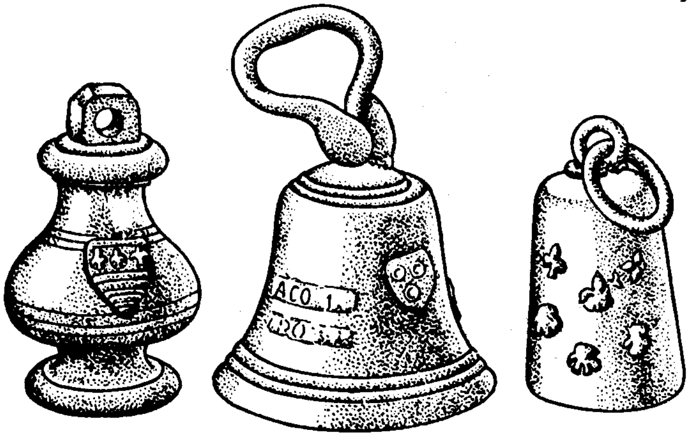


شکل ۱۰۱.وزنه‌های مسکوک تولوز. در چپ، نیم لیورگایاک (۱۹۰ گرم) در سال ۱۲۹۱؛ در راست، چهار لیور تولوز (۱۵۸۸ گرم). در سال ۱۲۳۹ (از موزه **Paul-Dupuy**، تولوز).

اوزان مسکوک: این وزنه‌ها از جنس مفرغ و به‌شکل قرص مسطح و بسیار شکیل هستند. اوزان مسکوک بیشتر در لانگدوک و شهرستانهای مجاور آن رواج داشت. این وزنه‌ها حدود سال ۱۲۳۹ بوسیلهٔ شهرداری تولوز به بازار آمد و بسرعت در همهٔ نواحی جنوبی رواج یافت در کمتر از یک سده، حدود سی شهر این اوزان را پذیرفتند. طبق اطلاعات کنونی ما، کهنترین وزنه‌های فرانسه از نوع مسکوک بود. این وزنه‌ها دارای تاریخ، محل ساخت می‌باشند و نمونه‌های فراوانی از آنها هنوز وجود دارند. آنها از چهار لیور تا یک اونس و اجزاء اونس تغییر می‌کردند. قطر آنها از ۱۱۰ تا ۱۰ میلیمتر و ضخامت آنها از ۲۰ تا ۴ میلیمتر متغیر بود، (شکل ۱۰۱). بر هر دو طرف قرص وزنه، آرم شهر و سینیور آن حک شده بود و در حاشیهٔ آن با خطوطی محل و تاریخ ضرب و نیز وزن قطعه به *meia onsa, onsa, meia cartaro, cartaro, meia livra, livra* و... معین شده بود. دیده می‌شود که تقسیم‌بندی اوزان در اینجا ثنایی است.

اوزان بی‌نشان: اصطلاح بی‌نشان در معنی دقیق خود نیست. در مواردی، لااقل بنابر قرارداد، نشانه‌های مختصری بر روی وزنه گذاشته شده است: علامت و تاریخ کنترل، چاکها یا اعداد حک‌شده روی وزنه که مقدار آن‌را نشان می‌دهد؛ و بالاخره، آرم شهر سازندهٔ وزنهٔ که بر روی آن حک شده بود؛ بدین‌ترتیب اکثر اوزان را می‌توان از نوع بی‌نشان دانست (شکل ۱۰۲).

وزنه‌های مسطح با اشکال هندسی (مربع، شش گوش، هشت گوش) که در اواخر سدهٔ شانزدهم در جنوب فرانسه رواج داشتند در شهرهای زیادی از جنوب و جنوب شرقی لانگدوک با وزنه‌های مسکوک رقیب بودند و در سدهٔ هجدهم توانستند آنها را از میدان خارج کنند و جای آنها را بگیرند.



شکل ۱۰۲ .وزنه‌های بی‌نشان. در چپ، قالب بزیه (۱۶۸۷)؛ در وسط، وزنهٔ رودز به‌شکل ناقوس (۱۷۷۶)؛ در راست، وزنه‌های اوریاک (سدهٔ شانزدهم) (از موزهٔ Paul-Dupuy، تولوز).

این اوزان تنها نشان شهر را بر خود داشتند و هیچ نوشته‌ای بر آنها نمانده است. بر روی دیگر صاف آن، گاهی حروف محکوک و علامت کنترل دیده می‌شود. برای تعیین وزن آنها باید وزنه‌های مسکوک را در کفه‌های دیگر با آنها مقایسه کرد.

اشکال گوناگون: نمونه‌هایی در دست است که مربوط به انواع خاصی می‌باشند: وزنه‌های حجیم به‌شکل ناقوس، استوانه از زمره وزنه‌های استانداردی که در لیل، روان، رودز وجود داشتند. گاهی تاریخ ساخت در سطح جنبی (و یا اگر وزنهٔ گرد باشد در بالا)، در امتداد رقم وزن آن، که از پنج تا صد لیور (کنتال) تغییر می‌کند، حکاکی شده بود. بیشتر این وزنه‌های سنگین، دسته دارند که بخشی از وزن آنها را تشکیل می‌دهد.

بازرگانان وزنه‌های چدنی به‌شکل هرم ناقص را که به روش ریخته‌گری تهیه می‌شدند و تا ۱۰۰ لیور وزن داشتند، ترجیح می‌دادند. این وزنه‌ها در آن‌وقت هم مانند حالا حلقه‌ای داشتند که به‌درون وزنه نفوذ کرده بودند و در آنجا در یک تودهٔ سربی فرو می‌رفت. رقم وزن و نیز گاهی علایم مشخصهٔ وزنه با خود وزنه، قالبگیری شده بودند.

وزنه‌های سنگی از همان زمان که انسان به‌توزین و سنجش اقدام کرد، به‌کار می‌رفتند. از زمان سومریها تا استقرار سیستم متری از این سنگها استفاده شده است. وجود نمونه‌هایی از اوزان سنگی در فرانسه و دیگر کشورها، (بلژیک، هلند و غیره) بر این ادعا گواهی می‌دهند.

وزنه‌های کوچک و با اشکال خاص: بطری و کوزهٔ کوچک، قسمتی از یک گوی به‌کار می‌رفتند.

سنگهای بطری شکل و گویهای کوچک غالباً در توزین داروها، که از واحدهای دیگر ممتاز بودند، مورداستفاده قرار می‌گرفتند. وزنه‌هایی به‌شکل کوزه‌های کوچک برنجی، نمونه‌های قانونی حدود سدهٔ هفدهم شهر مونپلیه می‌باشند.

جعبه اوزان مارک: «مارک» واحد اندازه‌گیری جرم است که در ابتدا برای مسکوکاتی به‌کار گرفته شد که در سدهٔ یازدهم رواج یافتند. گرچه منشاء آن هنوز دقیقاً معلوم نیست اما به هر تقدیر مارک با مقادیر مختلف وجود داشت و با استقبال خاصی روبه‌رو شد. مقدار آن در تروا یا پاریس برابر ۲۴۴/۷۵ گرم بود و تا پایان سدهٔ هجدهم تغییر مهمی در آن پدید نیامد و در شهرهای کلنی، لاروشل، لندن و پرتغال حدود ۲۲۹/۵ گرم، و در شهرهای ونیز، فلورانس، جنوا و ... حدود ۲۳۸ گرم بود.

ما از اینکه وزنه‌های مارک در سده‌های یازدهم یا دوازدهم همان شکل وزنه‌های لااقل سدهٔ چهاردهم را داشتند، چیزی نمی‌دانیم. در این‌زمان آنها را بمناسبت شکلشان «پیل» می‌نامیدند، زیرا از قطعات تو خالی به‌شکل مخروطهای ناقص تشکیل می‌شدند، که یکی در دیگری جا می‌گرفت و آخری، جعبهٔ همهٔ آنها بود که شامل درب، دسته و چفت‌وبست، و غالباً تزیین شده بود.

وزنه‌های مارک و اجزای آن در نظامنامه‌ای مربوط به سدهٔ چهاردهم شهر آلبی (تارن) شرح داده شده‌اند، در این نظامنامه تعرفه‌های انگ‌زدن قسمتهای «ریز» و «درشت» جسم تعیین شده است. در سدهٔ پانزدهم تابلوی پطروس کریستوس[1] (۱۴۴۹) صرافی را با ترازو و پیل نشان می‌دهد، این تابلو احتمالاً یکی از قدیمیترین ارائه‌های وزنه‌های پیلی مارک می‌باشد.

در فرانسه و در اکثر کشورهای غربی، ترازوداران پیلهای خام و کار ناشدهٔ ساخت ریخته‌گران نورمبرگ را وارد می‌کردند و سپس آنها را با وزنه‌های قانونی میزان می‌ساختند. این وزنه‌های لیوانی‌شکل عملاً با وزنه‌های مارک اصلی فرانسه، که در ضرابخانهٔ پاریس نگاهداری می‌شد، تطبیق داده می‌شدند.

در دادگاههای شهرستان که به ارتکاب این قبیل خلافهای ترازوداران، زرگران، دارو فروشان، عطاران و صرافان رسیدگی می‌کردند، آنها را به‌عنوان وزنه‌های قانونی تلقی و استفاده می‌کردند. این وزنه‌ها احتمالاً پس از اینکه در ضرابخانهٔ منطقه کنترل و انگ‌زده می‌شدند، مورداستفاده ترازوداران قرار می‌گرفتند، بدین‌ترتیب این پیلها به‌طورکلی نشان ریخته‌گر آلمانی، نشان ترازودار و بالاخره نشان بازرس دولت را بر خود داشتند.

یکنواختی در سبک و ترکیب این وزنه‌ها، که جرم آنها تقریباً از نیم مارک تا ۱۵۰ مارک و حتی بیشتر تغییر می‌کرد، گروه‌بندی آنها را توجیه می‌کند. این تکنیک پیلها، لااقل یک سابقه قبلی داشته

۱. Petrus Christus ۱۴۲۰ـ۱۴۷۳ نقاش فرانسوی.

است و باستان‌شناسی چند شیئی مربوط به دورهٔ گال ـ روم را کشف کرده است که دقیقاً وزنه‌های درون یکدیگر هستند و تفاوت اساسی با وزنه‌های مارک ندارند.

سیستم وزنه‌های درون یکدیگر در حدود سدهٔ پانزدهم در پرتغال، به‌عنوان پیمانه‌های قانونی به‌کار رفته‌اند، و در سدهٔ شانزدهم در دیژون از آنها برای پیمانه کردن روغن استفاده شده است (۱۵۲۹).

ساخت وزنه‌ها

وزنه‌های مسکوک: وزنه‌های مسکوک بروش ریخته‌گری در قالبها ساخته می‌شد، و نظامنامه‌های شهر آلبی این ادعا را تأیید می‌کند. مثلاً وزنه‌هایی که در سال ۱۶۷۳ در آلبی ساخته شده حروف P.M.را بر خود دارند، که منظور این است که آقای پیر مابی[1] آنها را قالبگیری کرده است. در رودز در سال ۱۵۲۷ استفاده از قالب را آقای گرانسان[2] تأیید کرده است و سپس در سالهای ۱۷۲۲ و ۱۷۷۶ به‌ترتیب ریخته‌گرانی با نامهای دوبوا[3] و لاکومب[4] بر آنها مهر زده‌اند.

ساخت وزنه‌های بی‌نشان: ساخت وزنه‌های بی‌نشان با روشهای ریخته‌گری زمان ارتباط دارد. در سال ۱۵۹۶ ژان‌گرو[5] ریخته‌گری از آرل، مأمور شد که برای شهر نیم برپایهٔ مدلی که کنسولهای شهر به او داده بودند، وزنه‌هایی بریزد. خطای وزنه‌های ریخته شده در ردیف وزنه‌های شهرهای لیون، دیژون، سن اومر بود. در لیل موزهٔ شهر قالبی از فولاد دارد که مخصوص ریخته‌گری وزنه‌های سربی است.

محتمل است که با محوکردن حکاکیهای اوزان «رسمی» مسکوک، وزنه‌ای با همان سنگینی و علامت شهر، اما بدون رقم وزن، سریعتر و آسانتر تولید می‌شد؛ اما ناممکن هم نیست که این فرمول نوین نتیجهٔ انتقال روشهای فنی رایج، بخصوص در شمال و فلاندر به جنوب باشد. درحقیقت، نمونه‌های وزنه‌هایی که بخوبی نگاهداری شده‌اند، مثلاً وزنه‌های شهر آردر[6]، اریور ـ لا ـ لیس[7]، سن اومر، مالین[8] به‌طور محسوسی همان نمای وزنه‌هایی را دارند که بتازگی از لانگدوک آمده‌اند.

تکنیک استاندارد کردن وزنه‌ها، برحسب توپر یا توخالی بودن آنها تغییر می‌کرد. چنانچه وزنه‌ها توپر بودند، ترازوساز تنها می‌توانست سطح پایین وزنه را سوهان بزند و بتدریج آن‌را دقیقاً به وزن برساند. اما اگر وزنه‌ها توخالی بودند، قدری سرب گداخته در گودی پایین وزنهٔ چدنی می‌ریختند.

وزنه‌های کوچک مربوط به اجزای وزن، نظیر دانه را می‌توان در ردیف اوزان بی‌نشان دانست.

1. P.Mabille 2. Gransanhe 3. Dubois 4. Lacombe 5. Jehan Gros 6. Ardres
7. Aire-sur-la-Lys 8. Malines

این وزنه‌ها به‌شکل پولکهای فلزی تقریباً مشابه دسی‌گرم، سانتی‌گرم و میلی گرمهای امروزی بودند.

وزن پوندی مارک: مارک برابر ۲۴۴٫۷۵ گرمی نخست، همان‌طورکه درگذشته گفتیم برای مقاصد پولی پیشنهاد شده بود، اما بعدها دو ارزشی گشت؛ بدین‌ترتیب که وزن پوندی مارک در سدهٔ پانزدهم برابر ۱۶ اونس (۱۵ اونس قدیم) بود و در دادوستد و صنعت، تنها واحد مارک پاریس از آن اشتقاق یافت.

نمونهٔ نخستین مارک، و در نتیجه اندازه‌های جرم درگذشته با پیل نمایش داده می‌شد ـ که به غلط آن‌را شارلمانی می‌گفتند ـ پیل را در ضرابخانهٔ پاریس نگاهداری می‌کنند و ساخت آن از حدود ثلث آخر سدهٔ پانزدهم تجاوز نمی‌کند (به‌نظر آقای بلانکار)[1]. این پیل که از ۱۳ فنجان تشکیل شده است، رویهم‌رفته ۳۰ مارک وزن دارد و جعبهٔ آن نیز ۲۰ مارک سنگین است، بنابراین هر پیل ۵۰ مارک (۱۲۲۳۷ گرم) سنگین است. زمانی‌که پیل در سال ۱۷۶۶ (همراه تواز لاکوندامین) برای وزنها تبدیل به‌وزن قانونی ملی شد: به‌هنگام ایجاد سیستم متری به‌عنوان عنصر مقایسه جهت استقرار واحد جدید، کیلوگرم به‌کار گرفته شد. بدین‌ترتیب نقش آن پایان یافت و جعبهٔ اوزان در موزهٔ کنسرواتوار ملی پیشه و هنر (درسال ۱۸۴۸ با شماره ۳۲۶۱) به تاریخ پیوست.

وزن پوندی مارک از نظر عددی چنین تقسیم می‌شود: پوند = ۲مارک = ۴ کوارترون = ۱۶ اونس = ۱۲۸ دراخما یا گروس = ۳۸۴ دنیه یا اسکروپول = ۹۲۱۶ دانه.

تذکر می‌دهیم که واحد جرم برای مواد گرانبها (گوهرها و فلزها) قیراط است. ریشهٔ این واژه همان دانهٔ خرنوب است (در فارسی قدیم خرنوب برابر یک قیراط بود ـ رسالهٔ مقداریه)، که در زبان یونانی آن‌را کراتیون، سپس قیراط عربی، carato ایتالیایی، carat فرانسه می‌نامند. کارات متری در جدول بین‌المللی در سال ۱۹۰۷ برابر ۰٫۲ گرم معین شد.

گسستگی در واحدها و پیوستگی در مفاهیم اساسی: جنبه‌هایی از مترولوژی تا حوالی ثلث نخست سدهٔ هجدهم، به‌طورکلی چنان بود که گفته شد. ادعا می‌شود که گوناگونی واحدها، از نظر اصطلاح و روشهای اندازه‌گیری، با اینکه تعریف درستی ندارند و حتی گاهی از هرگونه معنی مترولوژی عاری می‌باشند، با این‌حال از لحاظ مفاهیم اساسی پیوستگی خود را نگاه داشته‌اند.

نمونهٔ رسمی اندازهٔ بعدی سومریها ـ بابلیها، که جلوتر از چهل سدهٔ پیش به‌دست ما رسیده است، بحق از غنایمی است که در یک نظام عقلایی اندازه‌گیری مؤثر بوده است، بنابراین نگاهداری این‌نمونهٔ اولیه لازم می‌آید. و در روستاهای فرانسه چه تعداد ساختمانهای دولتی هستند که نقش این پرشها، این توازها، پاها و اونها را بر خود دارند، و حتی گاهی قواره‌هایی در سنگها منقور شده‌اند،

1. Blancard

مانند استاندارد الزامی خنجر که مثلاً در روفاک[1] و راین علیا وجود دارد.

بدیهی است، چنانچه این استانداردها نگاهداری نشده بودند، فرار از هرج‌ومرج فکری و نظرات بی‌پایه محال بود.

در بیشتر شهرها، شهرکها و روستاها دارندگان ابزارهای اندازه‌گیری کنترل می‌شدند و تاریخ می‌گوید که این کنترل جدی در بعضی جاها مرتب و در جاهای دیگری بندرت انجام می‌گرفت. اما هر جا که از مقدار فروخته یا خریده‌شده شکایت می‌شد، دو طرف مرافعه به‌وزنهٔ استاندارد مراجعه می‌کردند.

با این‌همه گاهی تعریف واحدهای اندازه‌گیری بکلی فاقد دقت بود و حتی تداخلی در آنها دیده می‌شد، زیرا همان‌طورکه درگذشته تذکر دادیم، دو واحد یکسان: اون و تواز دوش‌به‌دوش هم به‌کار برده می‌شدند. وانگهی تفاوت وزنه‌ها بین دو محل دور یا نزدیک، گاهی آن‌چنان زیاد بود که به‌علت دشوار بودن مقایسه، کار تقلب آسان می‌شد.

شگفتی‌آور نیست که مجلس عمومی طبقاتی (اتاژنرو)[2] فرانسه از طرف مصرف‌کنندگان شکایات مکرری دریافت می‌داشت که خواهان ایجاد نظمی در این تارهای عنکبوتی واحدهای به ارث رسیده از نظام سینیوری بودند. حل این مشکل نفس‌گیر از کارهایی بود که توجه بیشتر حاکمان وقت را از فیلیپ لوبل[3] تا لویی شانزدهم، به خود مشغول می‌داشت. با اینکه دولتهای فرانسه درپی چارهٔ این درد برآمدند، اما بعضی از آنها درد را درمان‌ناپذیر دانستند و اقدامات گهگاهی آنها به‌شکست می‌انجامید.

دانشمندان سدهٔ هفدهم و مترولوژی

در سدهٔ هفدهم بود که درخت دانش تجربی با بیرون‌دادن شاخه‌هایی از اندیشه‌های نوین که در پایان سدهٔ هجدهم به‌وحدت کلی اندازه‌ها انجامید، در زمینهٔ اندازه‌گیری به‌بار نشست.

مشخصات اساسی نظام اندازه‌گیری: اما این وحدت برای اینکه ثمربخش باشد، باید در نظامی از اندازه‌گیری منسجم باشد و اضعاف و اجزای واحدها طبق یک نظم شمارشی معین رده‌بندی شوند.

در جهان باستان، در بین‌النهرین، نظام اندازه‌گیری سومریها ـ بابلیها بر اساس یک واحد اصلی: ذراع یا ارش بود، که واحد اندازه‌گیری طول می‌باشد. واحدهایی برای اندازه‌گیری سطح، حجم و

1. Rouffach

۲. Etats généraux مجلس طبقات سه گانهٔ جامعهٔ فرانسهٔ پیش از انقلاب کبیر.

۳. Philippe le Bel ۱۳۱۴ـ۱۲۶۸ که در سال ۱۲۸۵ تا آخر زندگانی خود شاه فرانسه بود.

جرم از آن مشتق می‌شد. مثلاً واحد جرم برابر با وزن آبی بود که حجم ۱/۲۴۰ ذراع مکعب را اشغال می‌کرد. نظم شمارشی که در آن‌زمان مجموعهٔ ۶۰ شماری بود، با نظم اندازه‌ها ارتباطی ناگسستنی داشت.

در فرانسه، بویژه در سدهٔ هفدهم، مقیاس سنجش نوعی تفنن بود. تواز برابر شش پا (گاهی هم بیشتر)، و هر پا برابر ۱۲ اینچ و هر اینچ ۱۰ یا ۱۲ خط بود. در این‌مورد، ما در برابر نوعی شمارش دوازدهی قرار داریم.

اما مقیاس وزنی مورد توجه مردم: پوند، نیم پوند، ربع پوند، ثمن پوند؛ اونس(۱/۱۶ پوند)، نیم اونس، ربع اونس و ۱/۳۲ اونس؛ این نوع نظام شمارشی ثنایی است.

اجزای اون پیوسته نیستند و به ۱/۲، ۱/۴، ۱/۸، ۱/۱۶، ۱/۳۲ و نیز ۱/۳، ۱/۶، ۱/۱۲ تقسیم شده‌اند. در مورد اندازه‌های ظرفیت باید گفت که هر مووید از ۳۲ ستیه و هر ستیه از ۸ پینت تشکیل شده است.

سیمون استوین، مقیاسهای دهدهی: دانشمندان فرانسه که در ارتباط نزدیکی با همکاران خارجی خود تحقیق می‌کردند. از این هرج‌ومرج عمومی که در بیشتر کشورهای غربی حکمفرما بود، متأسف بودند. یکی از آنان با نام سیمون استوین[1] (۱۵۴۸ـ۱۶۲۰) ساکن شهر بروژ در سال ۱۵۸۵ کاربرد شمارش دهدهی را در کتاب خود با عنوان: *L' arithmétique de Simon Stevin de Bruge* پایه گذارد، او در کتاب خود پیشنهاد کرد که اندازه‌ها و نیز پول، شکل واحدی بخود گیرد و شمارش دهدهی پذیرفته شود. این روش شمارش در قسمت اندازه‌ها، بخصوص در شهرستانهای لورن و بارووا[2] که تا سال ۱۷۶۶ جزء فرانسه نبودند، رواج داشت. واحد تواز در لورن برابر ۲٫۸۵۹ متر بود و به ده پا (= ۰٫۲۸۵۹ متر)، هر پا به ده اینچ (= ۰٫۰۲۸۶ متر)، هر اینچ به ده خط (= ۰٫۰۰۲۷۶ متر) تقسیم می‌شد. موزهٔ لورن در نانسی از ردیفهای قدیمی نمونه‌های اندازه‌گیری نگاهداری می‌کند. این نمونه‌ها شمشهای فلزی با مقطع هشت گوشه می‌باشند. اندازهٔ قدیمی پای پاریس در این موزه دقیقاً بازسازی شده است ـ ۰٫۳۲۶۵ متر ـ که پیش از پیدایش واحد نوین تواز در سال ۱۶۶۷ـ۱۶۶۸ در شاتله متداول بود. پای شهر لورن در همان‌جا برابر ۲۸۴٫۵ میلیمتر دیده می‌شود که به ده‌اینچ و هر اینچ به ده خط تقسیم شده است.

در همین خط فکری، اندازهٔ پرش رابج در راینلاند، طولی حدود ۳٫۷۶۶ متر (۱۲ پا) داشت و به ۱۰۰ قسمت برابر تقسیم شده بود. اسنلیوس (۱۵۹۱ـ۱۶۲۶) دانشمند هلندی، زمانی‌که قوس

1. Simon Stevin

۲. Barrois ناحیه‌ای در فرانسه بین شامپانی و لورن.

نصف‌النهار گذرنده بر الکمار- برگن اوپ زوم[۱] را اندازه می‌گرفت، از آن استفاده می‌کرد. ما در گذشته دیدیم که پیرپتی خط‌کش خود را به صد قسمت برابر تقسیم کرده بود. بیشتر دانشمندان، شمارش دهدهی را که دارای امتیاز سادگی و سهولت در حساب بود، مورداستفاده قرار می‌دادند.

یک تحلیل سریع و خلاصه از ساختارهای پایه‌ای یک نظام عقلایی اندازه‌گیری، شکاف بزرگ موجود بین شبه مترولوژی‌های بی‌شمار محلی و مترولوژی حقیقی دارای ساختمان علمی را بلافاصله برملا می‌سازد.

واحد طبیعی و همگانی اندازه‌گیری: قانونمندسازی اندازه‌ها یکی از دلمشغولیهای برخی دانشمندان سدهٔ هفدهم بود که به دنبال مشاهدات گالیله (۱۵۶۴-۱۶۴۲) روی پاندول و ایزوکرونیسم (ثبوت زمانی) نوسانهای آن، توجه خود را به این امر معطوف داشتند. این پدیده سبب شد که دانشمندان مجذوب این اندیشه شوند که طول پاندولی راکه دورهٔ نوسان آن یک ثانیه باشد، به‌عنوان واحد اندازه‌گیری «طبیعی و همگانی» برگزینند. از ایزاک بیکمن[۲] ۱۵۸۸-۱۶۳۷، این مهندس فلاماندی که به سال ۱۶۳۱ این گزینش را پیشنهاد کرد، تا کشیش ژان‌پیکار (۱۶۲۰-۱۶۹۲) که ایجاد کنندهٔ رصدخانهٔ پاریس بود و نسلهای میانی آنها: پدر مرسن (۱۵۸۸-۱۶۴۸)، هویگنس (۱۶۲۹-۱۶۹۵) و کشیش گابریل موتون[۳] (۱۶۱۸-۱۶۹۴) که ریاضیدان و اخترشناسی از لیون بود، همگی این پیش‌کسوتان به چنین راه‌حلی چشم داشتند.

همهٔ آنان ازگوناگونی واحدهای «غرب» که تبدیل به یکدیگر بسیار دشوار بود، شکایت می‌کردند و راههایی برای رفع آن پیشنهاد می‌ساختند، مثلاً آنها طول یا اجزای یک واحد معین را به‌شکل خط چاپی تکثیر می‌کردند. گرچه این تکثیر دقیق نبود و کاغذ نیز حین خشک شدن منقبض می‌شد، اما در فشار ناشی از فقدان استانداردهای واقعی، ناچار از پذیرفتن خط به‌عنوان مقیاس اندازه‌گیری بودند.

در مواردی، دانشمندان یا جهانگردان ناچار بودند که کپیهایی از وزنهای رسمی محل را با خود داشته باشند و درکشورهای بیگانه از آنها استفاده کنند. حتی پیرپتی درنظر داشت ظروفی به‌شکل مکعب با ابعاد یک پا (پای محلی) بسازد. با توزین آب محتوی آن ظرف، می‌توانستند وزن یک پای مکعب آب را بدانند و آن وقت تبدیل آن به واحد پاریس، روم و ... آسان می‌شد.

باید توجه داشت که این روشها بسیار پیچیده و غیر دقیق بودند و بهره‌گیری از واحد اندازهٔ طول یک پاندول با زمان نوسان یک ثانیه، اندیشه‌ای فریبنده بود، و باید مطمئن می‌شدند که دامنهٔ

۱. Bergen op Zoom شهری در ایالت نورد برابانت، جنوب غربی هلند.

2. Isaac Beeckman 3. G. Mouton

نوسان در همه‌جا برای یک پاندول ثابت است. وانگهی جا داشت که نظام عاقلانه‌ای از واحدها ترتیب داده شود که با روش شمارش کاملاً سازگار باشد.

نظام اندازه‌گیری گابریل موتون: کشیش گابریل موتون با ساختن ابزار پیچیدهٔ خود یک دانشمند ـ صنعتگر بود. این واعظ مادام‌العمر کلیسای سن ژان لیون نقشهٔ خود را در سال ۱۶۷۰ با عنوان:

Novae mensurarum geometricarum idea et novus methodus eas et quascumque alias mensuras communicandi در دنبال رسالهٔ خود *Observationes diametrorum solis et lunae apparentium* منتشر کرد.

ساختمان‌نظام اندازه‌گیری پیشنهادی کشیش موتون، بر پایهٔ واحد طول قرار داشت و او این واحد را با ابعاد زمین ارتباط می‌داد و تعریف آن را به‌شکل هزارم دقیقه زاویه، یعنی هزارم میل دریایی، ۱۸۵۲ متر، قرار داد که ۱٫۸۵۲ متر بود. این واحد را با نمونه‌ای با نام virga (که به‌معنای میلهٔ پاندول است) نمایش داد. مقدار ویرگا گرچه از تواز پاریس (۱٫۹۴۹ متر) کوچکتر، اما به آن نزدیک بود.

کشیش موتون کار دیگری هم انجام داد و آن دهدهی شمردن اضعاف و اجزای ویرگا بود. این اندیشه، کاربردی چشمگیر داشت، زیرا وارد ساختن شمارش دهدهی در نظام متری، نقش درجهٔ اولی ایفا کرده و در گسترش آن در جهان تأثیر زیادی داشته است.

گرچه نامهایی را که موتون به واحدهای خود داده است، از نظم متری اقتباس نکرده است، اما بیفایده نیست که نمونه‌هایی از آنها آورده شود، تا معلوم گردد که با کمی تغییر وارد نامهای نوین شده‌اند و یا اینکه به‌عنوان نامهای سنتی کاربرد دارند. پایه‌گذاران نظام متری دهدهی هم به چنین قرابتی توجه داشته‌اند و تذکر داده‌اند که نامهای مندرج در جدول زیر، فقط از لاتین اخذ شده‌اند.

Centesima						
۱۰	Decima					
۱۰۰	۱۰	Virgula				
۱۰۰۰	۱۰۰	۱۰	Virga			
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۱۰	Decuria		
۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۱۰	Centuria	
۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۱۰	Milliare

از نامهای شناخته شده می‌توان چند تا را نام برد: *stadium, funiculus, virga, virgula, digitus, granum, pontum*

ویژگی دیگری از نظام موتون که جلب می‌کند، این است که کمیتی که واحد (میل دریایی) را تعریف می‌کند، وابسته به کمیت دیگری است که آن را کنترل می‌کند، یعنی: پاندول.

بدین جهت است که موتون به آزمایشهایی روی پاندولی با طول ۱٫۸۵۲ متر ـ ویرگا ـ پرداخت، تا تعداد نوسانهای آن را در نیم ساعت معین کند.

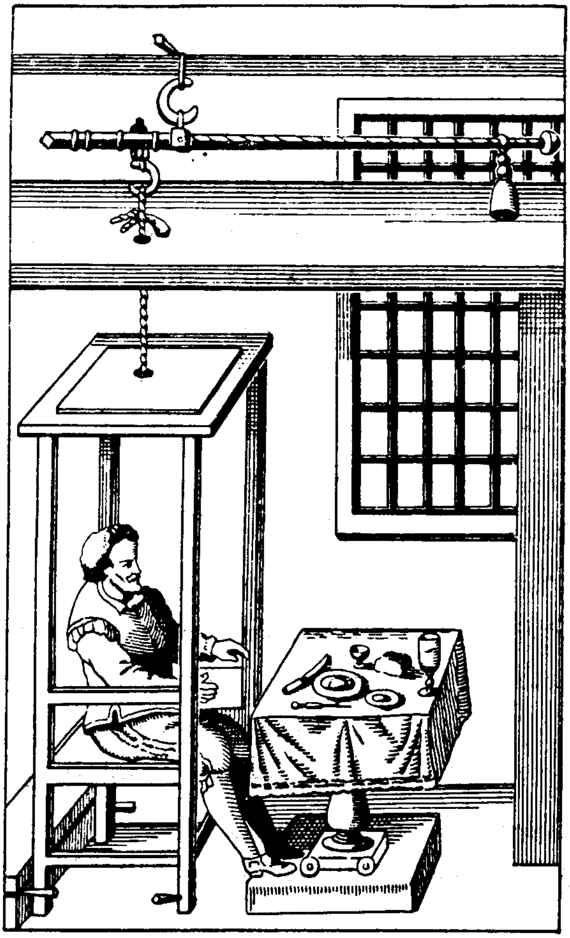
این تعداد در تئوری باید چیزی درحدود ۱۲۵۲٫۲۶ نوسان باشد، اما موتون به نتیجهٔ جالبی برخورد، زیرا متوسط این مشاهدات در نیم ساعت بین ۱۲۵۱٫۸ و ۱۲۵۲٫۱ بود.

در مورد ویرگاو یکدهم آن، مقدار نظری ۳۹۶۰ نوسان در نیم ساعت است و موتون متوسط آن را ۳۹۵۹٫۲ نوسان یافت. در هر دو مورد ویرگا یا ویرگول، باید گفت که ثابت ماندن استانداردی را که به‌عنوان واحد طول می‌پذیریم، همیشه باید بتوان کنترل کرد و با ساختن هر پاندولی که طی نیم ساعت ۱۲۵۲ نوسان دارد، می‌توان آن را به‌دست آورد. پس از اینکه واحد طول معین شد، واحدهای سطح، حجم و جرم به‌آسانی از آن به‌دست می‌آیند. باید به این دانشمند از یاد رفته درود گفت، دانشمندی که کسی از وی سخن نمی‌گوید و کاملاً شایسته است که درکنار آکادمیسین‌هایی که نظام متری دهدهی را بر پایه‌هایی که او نهاده بود، برپا داشتند، مقام او نیز گرامی داشته شود.

بین سال ۱۶۷۰، تاریخی که موتون، نظام اندازه‌گیری خود را، که تقریباً می‌توان آن را نمونهٔ اولیه نظام متری خواند منتشر ساخت، و سال ۱۶۹۴ که مرگ او بود، اندیشه‌ها و نتایج آزمایشهای او با آرزوی کشف یک واحد اندازه‌گیری دارای منشأ کیهانی و با امکان فیزیکی، بسختی سازگار می‌نمودند.

بسیار پیشتر از زمانی‌که آکادمیسین «پیکار» پاندول با دوران نوسان یک ثانیه‌ای را مطالعه کند، آقای پ. مرسن به این پاندول پرداخته بود. او درکتاب خود که عنوان *Harmonie Universelle* را داشت و در سال ۱۶۳۶ منتشر شده بود، طول ریسمان چنین پاندولی را ۳٫۵ پا (۱۱۳۷ میلیمتر به‌جای ۹۹۴ میلیمتر) معین کرد. معذلک در اثر خود با نام *Harmonicorum Libri* توضیح می‌دهد که پاندول او در انتهای ریسمان، گلولهٔ سربی کوچکی به ابعاد ۲٫۳ خط (۱٫۵ میلیمتر) داشت و طول ریسمان ۹۸۶٫۵ میلیمتر بود. سانکتوریوس[1] (سانتوریو) (۱۵۶۱ـ۱۶۳۶) در یکی از کتابهای خود با عنوان: *Methodus Vitandorum errarum omnium, qui in arte medica comitli possunt*(و نیز ۱۶۰۳) می‌نویسد که نوعی نبض‌سنج Pulsilogium اختراع کرده است. این اختراع خود را بعدها در رسالهٔ *De instrumentis medicis* شرح می‌دهد. همین پزشک مدتها از زندگی خود را وقف مطالعهٔ تغییرات مخصوص وزن برحسب جذب

۱. Sanctorius, Santorio پروفسور ایتالیایی در پزشکی در پادوا (۱۶۱۱ـ۱۶۲۴).



شکل ۱۰۳.قپان مخصوص سانکتوریوس با منظورهای پزشکی.

غذا، تعرق و غیره ساخت. او در این کارها از یک قپان مخصوص دارای قفس استفاده می‌کرد و خود در آن قفس می‌نشست (شکل ۱۰۳).

اما از سال ۱۶۱۸ بیکمن درصدد برآمد که در رصد خانه از پاندول استفاده کند. او مانند سانکتوریوس درپی یافتن علت ایزوکرونیسم (ثبوت زمانی) برآمد و در سال ۱۶۳۱ استفاده از طول پاندولی با دورهٔ نوسان یک ثانیه، به‌اصطلاح funépendule را برای واحد جهانی طول پیشنهاد کرد.

پیکار کشیش زمانی‌که در سال ۱۶۶۹ اظهار کرد که پاندول با دورهٔ نوسان یک ثانیه‌ای که در رصدخانه وجود دارد، طولش برابر ۳۶ اینچ و۸٫۵ خط (= ۰٫۹۹۳۵ متر) است، این عدد را در مقایسه با دو ساعت بزرگ پاندولی (رقاصکی که در سال ۱۶۵۷ هویگنس اختراع کرد) به‌دست آورده بود.

در سال ۱۶۷۱ پیکار اخترشناس برای این پاندول نام پرتو اخترشناسی را پیشنهاد کرد که دو برابر آن «تواز همگانی» و سه برابر آن «پای همگانی» می‌شد. هر «پرش همگانی» برابر چهار پرتو اخترشناسی بود و هر «میل اخترشناسی» برابر هزار پرش.

مع‌ذلک آقای پیکار جانشینهای دیگری هم برای پاندول اندیشیده بود. او فکر می‌کرد که چنانچه آزمایش این جانشینها را تأیید کند، باید از اندیشهٔ واحدهای همگانی برپایهٔ پاندول چشم پوشید و این امر مانع وجود داشتن یک مقیاس «همیشگی و تغییر ناپذیر» در هر جا نیست.

تغییرات در پاندول (ریشه): دو سال پس از آن، در مورد این مسأله مورد علاقهٔ دانشمندان، تردیدهایی پدید آمد. ژان ریشه[1] (۱۶۳۰ـ۱۶۹۵) که در سال ۱۶۷۲ برای یک مأموریت علمی، بویژه انجام چند رصد به کاین[2] (مرکز گویان فرانسه) رفته بود، متوجه شد که پاندول ثانیه‌ای او که در پاریس با ساعتهای پاندولی رصدخانه کنترل شده بود، در شهر کاین در هر روز ۲ دقیقه و ۲۸ ثانیه عقب می‌ماند و برای اینکه به‌دورهٔ نوسان پیشین خود بازگردد باید طول ریسمان آن را کم کرد؛ مقدار این کاهش ۱٫۲۵ خط، حدود ۲٫۸ میلیمتر است.

این واقعهٔ تجربی، همهٔ امیدها را برای کشف یک واحد همگانی برباد داد. پیکار بسختی و با تردید زیاد وجود این اختلاف محلی پاندول را پذیرفت. اگرچه جست‌وجو برای یافتن واحد همگانی به ناکامیهایی انجامید، ولی این آزمایشهای پاندول به اطلاعاتی انجامید که برای ژئوفیزیکدانان ارزش بسیار داشتند.

اندازه‌های ژئودزیک: در این زمان دانشمندان و دولتها به دانستن شکل زمین و بعد به‌اندازهٔ آن به عوامل توپوگرافیکی و تهیهٔ نقشه‌های جغرافیایی که برای هر دولت و نیز کشتیرانی لازم بود، بیش از پیش علاقه نشان می‌دادند.

فرانسه که در این زمینه پیشاهنگ نبود، با شروع سدهٔ هفدهم کار چشمگیری به‌عهده گرفت و در زمینهٔ ژئودزیک توانست مقام نخست را به‌دست آورد.

توجه داده می‌شود که یکی از نخستین اقدامات فرانسه در این زمینه، کاری است که ژان فرنل[3] (۱۴۹۷ـ۱۵۵۸) در ۱۵۲۵ به انجام رسانید و قوس نصف‌النهار گذرنده از پاریس به آمین را اندازه

1. Jean Richer 2. Cayenne 3. Jean Fernel

گرفت. برای موفقیت در این کار، آقای فرنل تعداد گردشهای یکی از چرخهای گاری را که روی جاده حرکت می‌کرد، شمرد. دستگاهی که درون گاری تعبیه شده بود با هر گردش چرخ، زنگ را یک بار به‌صدا درمی‌آورد.

با در نظر گرفتن انبساط چرخ، این پزشک فرانسوای دوم نتیجه گرفت که: هر درجهٔ قوس موردنظر برابر ۶۸۰۹۶ پای هندسی یا ۵۶۷۴۶ تواز و ۴ پای پاریس است (هر پای هندسی برابر پنج پای پاریس است). در این زمان هر تواز حدود ۱٫۹۶ متر بود، پس هر درجهٔ نصف‌النهار برابر ۱۱۱٫۱۶۸ کیلومتر بود.

مطمئناً روش فرنل در نظر ما کهنه می‌نماید و نتایج این اندازه‌گیری نیز مورد تردید، لیکن باید توجه داشت که در آن زمان هیچ روش علمی مناسب برای اندازه‌های زمین‌پیمایی وجود نداشته است.

اسنلیوس و روش مثلث‌بندی: افتخار خلق روش پرباری برای اندازه‌گیری یک قوس نصف‌النهار به آقای اسنلیوس ۱۵۹۱_۱۶۲۶، ریاضیدان هلندی که در لید تدریس می‌کرد، برمی‌گردد. روش او بر همکاری نزدیک دو رشتهٔ علمی هندسه و مثلثات استوار بود. او در سال ۱۶۱۵ بین‌الکمار، نزدیک لیدن و برگن اوپ زوم در طول قوس نصف‌النهار، یک ردیف مثلث با قاعدهٔ معلوم رسم کرد. با این روش محاسبهٔ طول قوس موردنظر به‌شکل زیر به‌دست می‌آید:

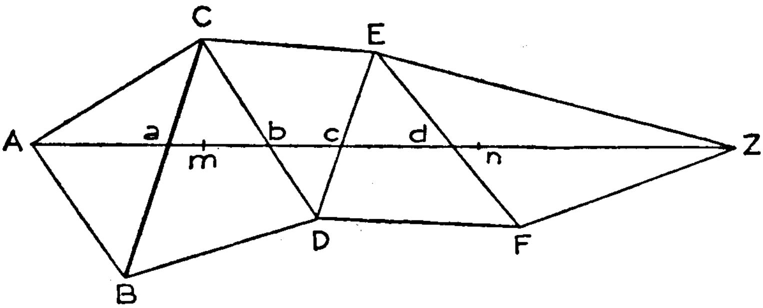
چنانچه بر قوسی از نصف‌النهار دو نقطه A و Z را فرض کنیم و بخواهیم فاصلهٔ آنها را به خط مستقیم معین سازیم، این فاصله را با نقاط m و b و c به قطعاتی تقسیم می‌کنیم. در دو سوی چپ و راست خط AZ نقاط B و C و D را طوری انتخاب می‌کنیم که از هر نقطه بتوان نقاط پیرامون را دید و نیز بتوان زوایای مثلثهای مرئی ABC و BCD حاصل را اندازه گرفت. این مجموعهٔ مثلثها همان مثلث‌بندی، یا یک شبکه ژئودزیک است (شکل ۱۰۴).

فرض کنید که عناصر زیر اندازه گرفته شده‌اند:

۱°، زوایای مثلثهای BCD, ABC , ... یا فقط دو زاویه از هر مثلث؛

۲°، زاویه‌ای که یکی از اضلاع، مثلاً AB با AZ تشکیل می‌دهد؛

۳°، طول یک ضلع یکی از این مثلثها، این طول را قاعدهٔ مثلث می‌نامیم. اگر قاعدهٔ BC اندازه گرفته شده باشد، محاسبهٔ اضلاع مثلثهای CDE,BCD,ABC و غیره بتدریج ممکن خواهد شد. بدین‌ترتیب در ABa که در آن BAa, ABa, AB معلوم می‌باشند، ما می‌توانیم Ba, Aa و AaB را حساب کنیم. با ادامهٔ همین روش می‌توان مثلاً $Aa+ab+bc\cdots$ و بدین‌ترتیب



شکل ۱۰۴. شمای مثلث‌بندی برای اندازه‌های ژئودزیک.

$Aa+ab+bc+cd+dz=AZ$ را یافت.

با این‌همه جا دارد توجه دهیم که همواره نقطهٔ آغاز این زنجیره، قاعدهٔ BC است. به‌همین علت اندازه‌گیری این قاعده، باید کاملاً دقیق انجام شود تا از توالی خطای نخستین پرهیز شده باشد، زیرا مجموعهٔ کار را به زیر سؤال می‌برد. با مرتبط ساختن یک یا چند قاعدهٔ فرعی در زنجیرهٔ مثلثها، می‌توان و باید نتیجهٔ کار را کنترل کرد.

از سویی دیگر، لازم است که زوایای سمتهای مختلف اندازه گرفته شوند. روشن است که سمت عبارت است از زاویهٔ میان یک ضلع مثلث با خط نصف‌النهاری AZ'. معمولاً برای اینکه کار کنترل شود، چند سمت را اندازه می‌گیرند.

بالاخره می‌بایست عرضهای جغرافیایی را در دو سر قوس نصف‌النهار اندازه گرفت و اختلاف آنها را یافت. با مقایسهٔ این اختلاف با طول قوسی که اندازه گرفته شده است، طول یک درجهٔ نصف‌النهار موردنظر را می‌توان به‌آسانی حساب کرد.

به‌طور خلاصه، محاسبه اندازهٔ یک ژئودزیک اساساً شامل چهار عمل است: اندازه‌گیری یک یا چند قاعده، ساختن زنجیره‌ای از مثلثهای ابتدا از یک قاعده، اندازه‌گیری عرضهای جغرافیایی در دو سر قوس مورد محاسبه، و تعیین مقدار سمتها.

اسنلیوس از مثلث‌بندی خود که شامل ۳۳ مثلث بود، بدین‌نتیجه رسید که درجهٔ قوسی که اندازه گرفته است، برابر ۲۸ ۵۰۰ پرش راینلاندی است. این پرش که اسنلیوس با آن محاسبه می‌کرد و آن را به صد قسمت برابر تقسیم کرده بود، برابر ۱۲ پای راینلاندی و ۳٫۷۶۶ متر بود.

چنانچه ما آن را بخواهیم با تواز پاریس سدهٔ شانزدهم (حدود ۱٫۹۶ متر) بیان کنیم، باید بگوییم که ۲۸ ۵۰۰ پرش، برابر ۵۴۷۶۰٫۷ تواز می‌باشد، اما در مقایسه با تواز پاریس پس از اصلاحی

که در ۱۶۶۸ در آن انجام گرفت، برابر ۵۵۰۲۶ تواز (هر تواز برابر ۱/۹۴۹ متر) است. در آن زمان از کارهای اسنلیوس چنین نتیجه گرفتند که هر درجهٔ قوس، برابر ۵۵۰۲۱ تواز پاریس (با اصلاح تواز در سالهای ۱۶۶۷ـ۱۶۶۸) است.

اندازهٔ ژئودزیک ژان پیکار: پس از اسنلیوس، پیکار اخترشناس و کشیش حدود سال ۱۶۷۰ مصمم شد که از روش دانشمند هلندی برای اندازه‌گیری نوینی از قوس گذرنده از مالوازین[1] در گاتینه (واقع در جنوب پاریس) و سوردون[2]، نزدیک آمین در پیکاردی استفاده کند.

آقای پیکار از همان زمان (سال ۱۶۶۶) که آدرین اوزو ریزسنج با سیم متحرک را اختراع کرد، نوعی عدسی چشمی شبکه‌دار در ربع دایره با شعاع ۳۸ اینچ (۱/۰۳ متر) آن کارگذاشت. پیکار می‌نویسد که حاشیهٔ آن بوسیله خطوط اریب به دقیقه‌ها تقسیم‌بندی شده بود و تشخیص «ربع دقیقه با ذره‌بین» عملی بود؛ و باز می‌افزاید که به‌کمک این ابزار درجه‌بندی شدهٔ خود، اندازه‌گیری زوایا با چنان «دقتی» انجام گرفت که «روی دایرهٔ افق، برای پنج یا شش زاویه‌ای که اندازه‌گیری شد، فقط حدود یک دقیقه کمتر یا بیشتر از حد لازم یافت شد و غالباً با تقریب پنج ثانیه‌ای شکل صحیح بود». این نظر ممکن است کمی با خوش‌بینی همراه باشد، اما از مقام و شرافت فکری این دانشمند چیزی نمی‌کاهد.

پیکار دو قاعده را اندازه گرفت. قاعدهٔ نخست از آسیاب ویلژوویف[3] تا کلاه فرنگی ژوویزی[4] امتداد داشت و طولش ۵۶۶۳ تواز (= ۱۱۰۲۴ متر) بود؛ قاعدهٔ دوم نزدیک سوردون معین شد و ۳۹۰۲ تواز (= ۷۶۰۹ متر) بود و برای کنترل دقت محاسبهٔ نخست، درنظر گرفته شده بود.

زنجیره‌ای از سیزده مثلث تشکیل شد و فاصلهٔ موجود بین دو سر قوس نصف‌النهار برابر ۷۸۸۵۰ تواز به‌دست آمد. اختلاف عرضهای جغرافیایی ″۵۵′۲۲ °۱ بود، درجهٔ قوس برابر با ۵۷۰۶۰ تواز (= ۱۱۱۲۶۷ متر) معین شد.

به‌دنبال آن، حدود سال ۱۶۸۳، ادامهٔ قوس پیکار، از یکسو تا دونکرک و از سوی دیگر، تا کولیور[5] نزدیک پرپینان[6] به آقایان ژان دومینیک کاسینی[7] (۱۶۲۵ـ۱۷۱۲) و فیلیپ دولاهیر (۱۶۴۰ـ۱۷۱۸) که عضو آکادمی بودند، واگذار شد. اجرای این کار تا سال ۱۷۱۸ طول کشید و آنها بدین نتیجه رسیدند که مقدار متوسط درجهٔ قوس نصف‌النهار ۵۷۰۶۱ تواز می‌باشد.

در پرتو این اندازه‌ها و کارهایی که بعدها انجام گرفت، مسألهٔ شکل زمین که دانشمندان مدتها دربارهٔ آن حدس و گمان می‌زدند، حل شد.

1. Malvoisine 2. Sourdon 3. Villejuif 4. Juvisy 5. Collioure 6. Perpignan
7. Jean-Dominique Cassini

از اندازه‌های ژئودزیک تا پیدایش مترولوژی علمی: اندازه‌های ژئودزیک، درحقیقت صرفاً نتیجهٔ کاربرد مترولوژی ابعادی (زوایا و فواصل) بود. دانشمندان فرانسه در این زمینه کارهای درخشانی انجام دادند، که در نتیجهٔ آنها کار ساختن وسایل اندازه‌گیری و رصد ستارگان بیش از پیش تکنیکی شد.

وانگهی مفهوم واحد همگانی از یادها فراموش نشده بود و ژان دومینیک کاسینی درکتاب خود *De la grandeur et de la figure de la terre* (۱۷۱۸) اجمالاً به‌طرح موتون می‌پردازد و یک واحد پایهٔ برابر ۱/۶۰۰۰ دقیقه درجه را پیشنهاد می‌کند، که برابر یک پای هندسی یا ۰٫۳۰۸۶ متر است که به‌جای تواز (= ۱٫۸۵۲ متر) موتون پذیرفته شود. اما سرانجام لاکوندامین بود که اندیشه واحد همگانی را دوباره به میدان آورد، اندیشه‌ای که همچنان به پیش تاخت تا در سال ۱۷۹۰ به پیدایش نظام دهدهی متری انجامید.

این مرور اجمالی جنبه‌هایی از مترولوژی سدهٔ شانزدهم تا شروع سدهٔ هجدهم، سرشت ایستایی این علم و تکنیکهای آن را گواهی می‌دهد. روشهای ساخت که با سنتهای چندین سده میخکوب شده بودند، بدون تغییر ماندند. ارتباط دانشمندان با سازندگان ابزارها ـ اگر چنین ارتباطی وجود داشته ـ بسیار ضعیف بوده است و جدایی این دو گروه ریشهٔ این سکون می‌بود. همان‌طورکه آقای موریس دوما می‌گوید، فقط از سدهٔ هجدهم است که می‌توان شاهد نابودی تدریجی این جدایی باشیم که ریشه در سوءتفاهمهای اجتماعی و اجدادی موجود بین دانشمندان و تکنسین‌های فرانسه داشته است.

تردیدی نیست که علت این نزدیکی، ایجاد علوم تجربی به توسط «پیشاهنگان» سدهٔ هفدهم و نیز لزوم اکید تکامل تکنیک برای پیشرفت بعدی آن بوده است که سازندگان ابزارهای علمی ناچار از رها کردن خود، از قیدوبندهای موجود شدند.

استمرار مفهوم واحد همگانی: بدین‌ترتیب در دستهای دانشمندانی که به نقش خود در تحقیقات و نیز لزوم افزایش دقت نتایج اندازه‌گیری آگاه بودند، مترولوژی علمی به‌وجود آمد. از آن پس می‌بایست واحدهای نوین اندازه‌گیری را که تا آن زمان ناشناس بودند، بخوبی تعریف کرد: اندازه‌گیری دما، فشار، درجه رطوبت و غیره. معذلک برای بیان این اندازه‌ها، ناچار از اقتباس زبان غیر منسجم مترولوژی جاری با همهٔ دشواریهای ناشی از آن در مبادلات اطلاعات، هم در زمینهٔ ملی و هم در مقیاس بین‌المللی بودند.

با این اوضاع و احوال می‌توان به‌آسانی توضیح داد که چرا پژوهشگران سده‌های هفدهم و

هجدهم، مغرور از کشفیات خود، خود را تماماً وقف یافتن نوعی واحد اندازه‌گیری طبیعی و همگانی و نیز ایجاد نظامی از مقیاسهای عقلایی ساخته بودند، که هم برای دانشمندان و هم برای تکنسین‌ها، بازرگانان، صنعتگران و بالاخره همهٔ مردم سودمند باشد.

این دید بلند پروازانه و انقلابی، رفته‌رفته با تقریبهای پیاپی و همگرا راه خود را گشود. لیکن تا وقتی‌که وحدت اندازه‌گیریها ایجاد نشده بود، مترولوژی نمی‌توانست تبدیل به ابزار اساسی مؤثری برای تحولات تکنیکی و عملی گردد.

کتاب‌شناسی I

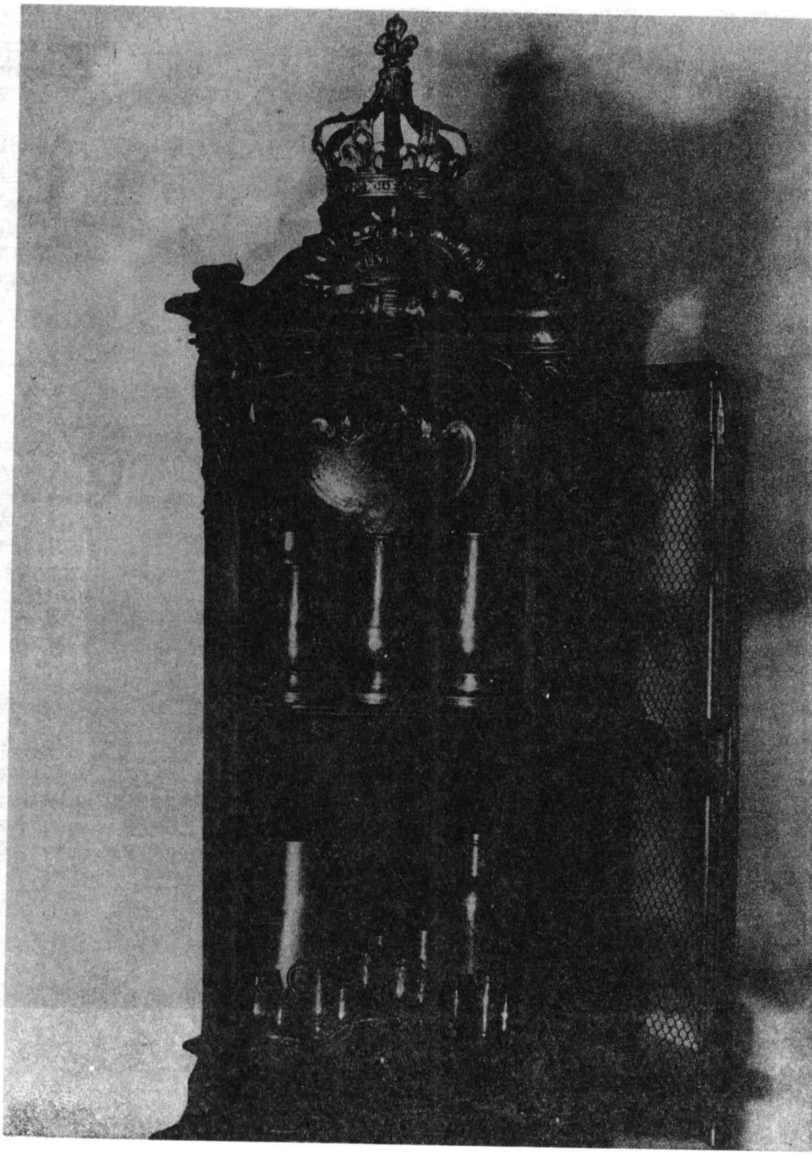
ALBERTI (Hans-Joachim), *Maas und Gewicht* (Akademie Verlag, Berlin, 1957).
AUZOUT, Micromètre, *Mém. Ac. sc.*, t. VII, pp. 118-130.
BEECKMAN (Isaac), *Journal* (t. 3, p. 192).
BION (Nicolas), *Traité de la construction et des principaux usages des instruments de mathématiques* (Paris, 1711).
BLANCARD (L.), *La pile de Charlemagne* (Paris, 1887).
DAUMAS (M.), *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles* (Paris, Presses Universitaires de France, 1953).
Encyclopédie (D'ALEMBERT et DIDEROT).
FLEURIAIS (G.), *Historique des instruments d'astronomie nautique* (1893).

کتاب‌شناسی II

Histoire générale des sciences, t. I^er : *La science antique*; t. II : *La science moderne* (Paris, Presses Universitaires de France, 1957 et 1958).
MACHABEY (A.), *La métrologie dans les musées de province et sa contribution à l'histoire des poids et des mesures en France depuis le XIII^e siècle* (thèse de Doctorat, Paris, 1961).
— *Mémoire sur l'histoire de la balance et de la balancerie* (Paris, 1949).
MARGUET (F.), *Histoire générale de la navigation du XV^e au XX^e siècle* (Paris, 1931).
MERSENNE (R. P.), *Correspondance* (publiée par M. de WAARD).
MOREAU (H.), La toise du Pérou, *Revue de métrologie pratique et légale* (septembre 1953).
PAUCTON (A.), *Métrologie* (Paris, 1780).
PEGOLOTTI (Francesco Balducci), *La pratica della mercatura*, t. III des 4 vol. de PAGNINI (Lisboa, 1765-1766), et Edition Allan Ewans, 1936 (Académie de Cambridge, U.S.A.).
PÉRARD (A.), *Les mesures physiques* (Paris, Presses Universitaires de France, 1947).
PETIT (P.), *L'usage ou le moyen de pratiquer par une règle toutes les opérations du compas de proportion* (Paris, 1634).
SAUVAIRE (H.), On a treatise of weights and measures by Elya of Nisibin, in *Journal of the Royal Asiatic Society* (1877 et 1880).
SURIREY DE SAINT-RÉMY, *Mémoires d'artillerie* (Paris, 1707).
THIRIER (Freddy), *Histoire de Venise* (Paris, Presses Universitaires de France, 1952).



تابلوی ۲۴. جعبهٔ وزنه‌های شارلمانی.



تابلوی ۲۵. استانداردهای حکومتی برای اندازه‌گیری روغن در شهر پاریس.



تابلوی ۲۶. پرش شهر فرانکفورت.

کتاب سوم

حمل‌ونقل راههای ارتباطی

۱۵

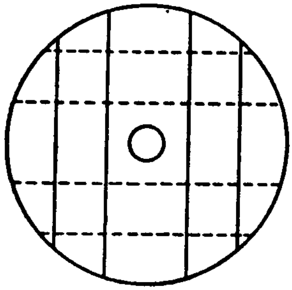
حمل‌ونقل زمینی

ارابه‌ها و مالبندها

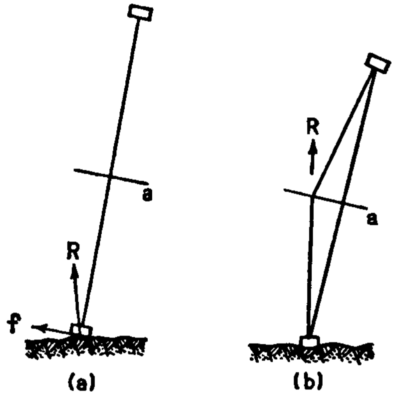
در سدهٔ شانزدهم ارابه‌سازی پیشرفت چشمگیری داشته است.

چرخها و محور: دربارهٔ حلقه‌های ستبر چوبی یا چرخهایی دارای دو دسته چوبهای عمود برهم، ۹۰ درجه (شکل ۱۰۵)،از همان سدهٔ پانزدهم گفت‌وگو شده است؛ چنین وسیله‌ای در بعضی از روستاها حتی در روزگار ما نیز هنوز درکارند، چرخهای با پره‌های شعاعی در سدهٔ شانزدهم رواج یافتند، در ساختمان آنها اصلاحاتی انجام گرفت و با پره‌های خراطی شده، تزئین گردیدند.

در دوران باستان چرخها روی محور ثابت شده بودند و محور با آنها می‌چرخید. یاتاقانهای چند پارچه‌ای که در زیر ارابه قرار گرفته بودند، محور را نگاه می‌داشتند. این سیستم که در زمان کنونی در خط آهن به‌کار می‌رود، از سدهٔ شانزدهم بتدریج از رواج افتاد، زیرا چرخها آزادانه روی محور ثابتی که به شاسی ارابه وصل بود، می‌گردیدند.



شکل۱۰۵.چرخ توپر که از دو دسته چوبهای عمود برهم تشکیل شده است.



شکل۱۰۶.میل چرخها نسبت به محور گردش آنها.

طرز کار چرخها با گودکردن آنها بهتر شد، کاری که شروع آن به زمان گالیو (سدهٔ پانزدهم) استاد بزرگ توپخانه (فصل ۱۹) می‌رسد. معلوم است که این‌کار عبارت است از مایل کردن چرخها نسبت به محورگردش آنها (شکل ۱۰۶ الف).زمانی‌که شعاعها عمود بر این محور باشند، وارد شدن یک ضربه یا نیروی R روی طوقهٔ چرخ ایجاد واکنش f مایل می‌کند که برای پره‌ها خطرناک است (شکل ۱۰۶ الف). مایل شدن پره‌ها بوسیلهٔ گودسازی، سبب افزایش مقاومت آنها در برابر ضربه و فشارهای جانبی می‌گردد. از سویی دیگر، الاستیسیتهٔ پره‌های مایل کار سفت کردن طوقه را آسان می‌سازد. زمانی‌که محور چرخ a مایل است (شکل ۱۰۶ ب)، فشار وارد از سوی جاده، مستقیماً روی پره‌ها و ناف چرخ وارد می‌شود و فشار جانبی که برای پره‌ها خطرناک است، وجود ندارد.

روشن است که مایل کردن محور را در محورهای آهنی، آسانتر می‌توان عملی ساخت. این‌کار بتدریج انجام‌گرفته است. تعداد پره‌های چرخ، بستگی به قطر چرخ و اهمیت ارابه داشت و از ۶ تا ۱۴ تغییر می‌کرد. طوقه‌های چرخ از قطعاتی تشکیل شده بود، که با فارسی کردن لبه‌ها یا با اتصالات، نیم و نیم بر یکدیگر سوار شده بودند. بسهایی از آهن این قطعات را به یکدیگر، و کل آنها را به پره‌ها متصل می‌ساخت. طوقه را نوارهای آهنی پوشانیده بودند. همهٔ قطعات آهنی به یکدیگر میخ یا پیچ شده بودند.

زمان بسیاری گذشت تا در سدهٔ نوزدهم، گذاشتن نوار یکپارچه بروش گرم متداول شد، با سرد شدن نوار فلزی گرم و انقباض آن، طوقهٔ چوبی محکم می‌گردید.

اطاق و فنربندی: از همان قرون وسطی، اطاقک اولیهٔ ارابه، جای خود را به «کالسکه مسافرتی» داد، که اطاقک آن فنربندی شده‌بود تا تکانهای شدید رفع گردد. در سال ۱۶۱۰ کالسکه‌ای که هانری چهارم در آن کشته شد، صرفاً بر چهار چرخ خود حمل می‌شد.

در سدهٔ پانزدهم بود که از کالسکه‌های فنردار سخن رفته است. یکی از کهنترین این نوع اطاقکها به ایزابو باوارپایی[1] تعلق داشت که او با این کالسکه در سال ۱۴۳۳ به پاریس وارد شد. فردریک‌سوم نیز در سال ۱۴۷۴ با وسیلهٔ مشابهی به فرانکفورت وارد شد. در زمان سلطنت فرانسوای اول، تنها سه عدد از این کالسکه وجود داشت و تنها مورداستفاده خانمها بودند. آقایی از لاوال، نخستین مردی بود که چنین کالسکه‌ای سوار می‌شد، زیرا به‌علت فربهی بسیار نمی‌توانست بر اسب سوار شود.

در آغاز استفاده از کالسکه‌های تجملی، اجازهٔ دربار لازم بود، لیکن رجال دربار، در اثر همچشمی با یکدیگر کوشیدند تا هر یک دارای کالسکه‌ای باشند. تعداد این‌نوع کالسکه‌ها در پاریس چنان تراکمی یافت که شارل نهم، هانری چهارم، لویی سیزدهم و لویی چهاردهم برای کم کردن و تشریفات مربوط به نگاهداری آنها، فرمانهایی را صادر کردند. بوالو[2] شاعر منتقد فرانسوی در هجویهٔ معروفی از تراکم کالسکه‌های پاریس چنین یاد می‌کند:

بیست کالسکه به‌شکل خط زنجیر خواهند رسید
درحالی‌که لااقل هزار دستگاه آنها در اینجا سرگردان هستند

در سال ۱۵۹۸ شخصی با نام فرانسوا باسوم‌پیر[3] (۱۵۷۶ ـ ۱۶۴۶)، یک کالسکهٔ شیشه‌ای به دربار پیشکش داد، که این کالسکه اکنون در ایتالیا نگاهداری می‌شود. اما در زمان سلطنت لویی سیزدهم هم، کالسکه با پرده‌های چرمی بسته می‌شد. در سده هفدهم؛ کالسکه‌ها مجهز به درب شیشه‌دار و بسیار تجملی شدند و در زینت کردن کالسکه‌ها با گچبری، نقاشی و زرکوبی با یکدیگر رقابت می‌شد. در مورد فنربندی اتاق کالسکه باید گفت که با کاربرد تسمه‌های چرمی، این‌کار کمی بهتر شد. در همین زمان، درکالسکه‌های سبکی که Sédiole نامیده می‌شدند از حالت الاستیسیتهٔ میله‌ها برای بهتر سازی فنربندی استفاده می‌شد. فردی هلندی با نام بونن[4]، نوعی

۱. Isabeau de Baviére ۱۳۷۱ ـ ۱۴۳۵ همسر شارل ششم فرانسه و در سال ۱۳۹۲ حکومت را به‌عنوان نایب‌السلطنه در دست گرفت.

۲. Nicolas Boileau ۱۶۳۶ ـ ۱۷۱۱.

3. F. Bassompierre 4. Boonen

فنرهای فولادی تولید کرد که واقعاً الاستیک بود و مناسبترین فنربندی را ایجاد می‌کرد.

کالسکه‌های عمومی: کالسکه‌های عمومی کرایه‌ای در آغاز سدهٔ هفدهم به‌شکل تخت روان (۱۶۱۷) پدید آمدند. بعدها انواع کالسکه‌های تجملی و عادی کرایه‌ای در پاریس بوسیلهٔ سازمانی به‌کار افتادند، که دفتر این سازمان در هتل سن فیاکر[1] بود و بدین جهت آنها را کالسکه‌های سن فیاکر می‌نامیدند.

پس از آن تخت روانهایی رواج یافت که شبیه فرغونی بود که مالبند یک اسب به آن متصل می‌شد و راننده روی آن می‌نشست و مهار را به‌دست می‌گرفت.

همهٔ این وسایل نشانهٔ امتیاز دارندگان آنها بود. در سال ۱۶۶۰ پاریسیها برای رفت و آمد درون شهری از وسایل زیر استفاده می‌کردند: نجبا از کالسکه‌های مخصوص و پرتجمل، دیگران از کالسکه‌های کرایه‌ای نوع فیاکر، از کالسکه‌های فرغونی و بالاخره، تخت روان. با این‌همه عده‌ای استفاده از اسب را ترجیح می‌دادند.

در سال ۱۶۶۱، به‌طوری‌که معلوم است، پاسکال با عده‌ای از دوستان خود (از آن جمله دوک روانه)[2] شرکتی تشکیل داد، تا رفت‌وآمدهای مردم را به روستاها سروصورتی دهد. این شرکت که عنوان: «دلیجان کرایه‌ای برای رفتن به روستا» را بر خود داشت، مسیر ثابتی را در ساعتهای معین می‌پیمود. شهرداری با آن موافقت کرد (۱۹ ژانویه ۱۶۶۲)، اما پارلمان تبصره زیر را به درخواست آن افزود:

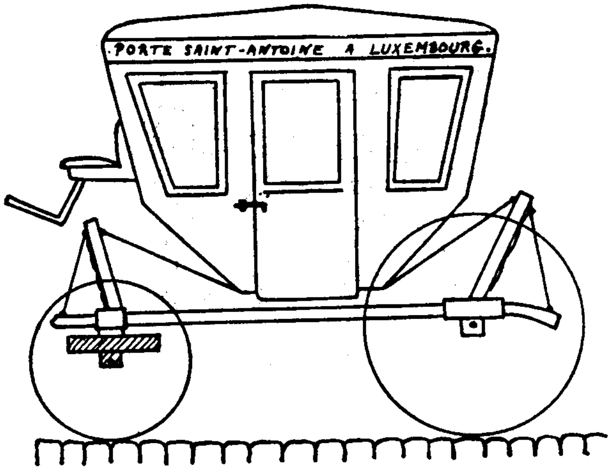
«سربازان، خدمتکاران، امربرها و دیگر اشخاص نوکرباب، حتی شاگردبناها و کارگران دستی نمی‌توانند بر این دلیجانها سوار شوند.»

اجازهٔ ساخت دلیجانهای مناسب این‌کار صادر شد، و در ۲۶ فوریه سال ۱۶۶۲ به‌طور آزمایشی دلیجانها حرکت کردند (نامهٔ مارکی دوترنان[3]، یکی از شرکا به آرنودوپمپون[4] یکی از سهامداران). هر دلیجان هشت صندلی و نشان شهر را بر خود داشت، و مسیر آن نیز بر دیوار دلیجان مشخص شده بود. اطاق دلیجان بوسیلهٔ تسمه‌های ضخیمی به چارچوب ستبر، که عمود بر محورهای کالسکه بودند، آویزان بود (شکل ۱۰۷).

این آزمایش، دو روز دیگر نیز با اسبهای کرایه‌ای ادامه یافت و نتیجهٔ آن رضایتبخش دانسته شد: در صبح، از ساعت ۶ تا ۱۱ چهار راه و در بعدازظهر از ساعت ۲٫۳۰ تا ساعت ۶ چهار راه، بدون تغییر جفت اسب، که بسیار آهسته حرکت می‌کردند، انجام گرفت.

این دلیجانها در پنج مسیر حرکت می‌کردند. پنج روز پس از گشایش نخستین مسیر (مارس

1. Saint-Fiacre 2. Roannez 3. Trenan 4. A. Pomponne



شکل ۱۰۷.دلیجان کرایه‌ای پنج شاهی.

سال ۱۶۶۲) متوجه شدند که هفت دلیجان برای هر مسیر کافی نیست، زیرا آنها فقط می‌توانستند نیمی از مسافرین احتمالی را جابه‌جا کنند. جزئیات این نخستین سرویس مسافربری و حوادث بی‌شمار آن، و نیز اعتراض کارگران و پیشخدمتان که مورد این تبعیضها قرار گرفته بودند و اشکال پرداخت پنج‌سو (که بعدها به‌شش سو افزایش یافت)، برای یک تاریخ صنعت، واجد اهمیت نیستند. به سال ۱۶۷۹، یعنی ۱۷ سال بعد از تشکیل آن، این سرویس هنوز هم فعال بود.

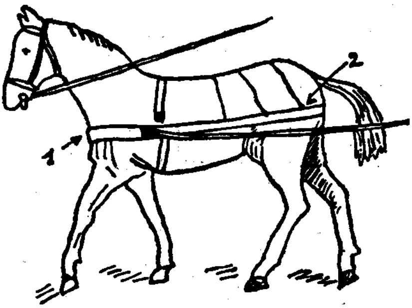
چنین می‌نماید که بعدها این دلیجانها به کالسکه‌های تجملی کرایه‌ای تبدیل شدند که در راه پاریس به روستا حرکت می‌کردند و امتیازی که به دوک روانه و دوستانش داده شده بود، در سال۱۶۸۱ بوسیلهٔ کالسکه‌داران محلی خریده شد.

مالبند: در یکی از قسمتهای گذشته گفته شد که در مالبند دلیجانها تغییراتی داده شد تا از نیروی کشش اسبها استفاده بیشتری به‌عمل آید. در مالبندهای دارای یوغ در دورگردن حیوان، نیرویی که از یک اسب برای کشیدن دلیجان به‌دست می‌آمد، از نیروی یک خر بیشتر نبود.

۱۴ کیلوگرم با سرعت ۰٫۸۰ متر در ثانیه = Kgm/s۱۱٫۲ است.

درحالی‌که مالبند شانه‌ای نیروی بیشتری تأمین می‌کرد.

۴۵ کیلوگرم با سرعت ۰٫۹۰ متر در ثانیه = Kgm/s۴۰٫۵ است.



شکل ۱۰۸.یراق سینه‌ای (۱)، قیش مالبند (۲).

همان‌طورکه دیده می‌شود، مالبند شانه‌ای حدود ۳٫۶ برابر مالبند گردنی نیرو تأمین می‌کند. اما حمل‌ونقل بارهای بزرگ، چه در روستاها و چه در کارگاههای بزرگ معمولاً با گاو انجام می‌گرفت که نیرویی برابر ۶۰ کیلوگرم با سرعت ۰٫۶۰ متر در ثانیه = Kgm/s۳۶ وارد می‌کرد که ۰٫۹ نیرویی است که بوسیلهٔ اسب با مالبند شانه‌ای تأمین می‌گشت. استفاده از اسب با وجود مزایای مالبند شانه‌ای، در دورهٔ مورد بررسی ما، تنها در انحصار کالسکه‌های سبک و تجملی باقی ماند و برای جابه‌جا کردن بارهای سنگین، گاو را به‌کار می‌گرفتند. اما به‌کارگیری اسبها برای باربری ادامه داشت و این‌کار تا زمانی‌که سرویس منظم حمل‌ونقل بوسیلهٔ دلیجانهای اسبی جامهٔ عمل پوشید، کار مهمی بود.

مالبند شانه‌ای رواج داشت، اما کار بستن اسب به دلیجان یا کالسکه اصولاً با لگام یا یراق سینه‌ای انجام می‌گرفت، (شکل ۱۰۸).علاوه‌بر قسمت کلگی لگام که برای هدایت حیوان لازم بود، یراق شامل یک تسمهٔ چرمی بود که طول حیوان را دور می‌زد و یراق سینه‌ای را تشکیل می‌داد که نیروی حیوان بر آن وارد می‌شد و نیز قیش مالبند بود که برکفلهای اسب قرار داشت و در سرازیریها از افتادن وزنها جلو می‌گرفت. این‌نوع یراقکاری اسب، هم مناسب تخت روانهای تک اسب و هم مناسب کالسکه‌های دو اسبی بود که به دو سوی مالبند بسته می‌شدند.

لگام‌بندی کالسکه‌های شهری و نیز دلیجانهای پنج شاهی با دو اسب که در دو سوی مالبند بسته می‌شدند، انجام می‌گرفت. در مورد مسیرهای طولانی، که لازم می‌شد اسب چهار نعل برود، بارکمتری بر اسب حمل می‌شد (۲۵ کیلوگرم با سرعت دو متر در ثانیه). دو اسب را در جلو کالسکه می‌بستند و نیروی این اسبها به نیروی دو اسب عقب افزوده می‌شد. هدایت این چهار اسب در دست سورچی بود که بر روی صندلی جلوی مسافران می‌نشست.

برای حمل‌ونقل بارهای سنگین از گاری یا واگن (در انگلستان) استفاده می‌شد، که اسبهای آنها با خاموت به یراق متصل می‌شدند. برای حرکت آنها تعداد زیادی ـ تا هشت ـ اسب، به‌شکل جفتی یا تکی به‌کار می‌گرفتند و در صورت تکی بودن، اسب آخری در برانکارد وسیله قرار می‌گرفت. لیکن در این مورد، هدایت آنها بسیار دشوار بود و سورچی می‌بایست در کنار آنها به انجام وظیفه می‌پرداخت.

بزرگراهها

دولت روم که بتدریج بر گسترهٔ فرمانروایی خود افزوده بود، راههایی ساخته بود تا بتواند با نقاط مختلف امپراطوری خود در تماس باشد.

راههای رومی: کهنترین این راهها، راه آپیا[1] بود که از ۳۱۲ سال پیش از میلاد مورداستفاده قرار می‌گرفت؛ این راه از روم به کاپوا[2] منتهی می‌شد. این راه در سدهٔ هجدهم شگفتی شارل دوبروس[3] سیاستمدار و نویسندهٔ دایرة المعارف را سبب شده بود. راه اورلیا[4] (۲۴۲ پیش از میلاد) روم را به جنوا اتصال می‌داد. راه فلامینیا راه کنارهٔ آدریاتیک به ریمینی بود. در زمان جنگهای پونیک[5]، هفت بزرگراه به‌شکل شعاعهایی از روم به مناطق جنوبی، شرقی، شمال‌غربی و شمال شرقی کشیده شده بودند.

رومیها در جریان پیروزی خود از گسترش راهها برای ایجاد نفوذ بیشتر استفاده می‌کردند. تعداد ۳۱۲ بزرگراه، ایتالیا را به اکتین، ناربونه[6]، پروانس، آلمان، اسپانیا، اپیروس[7] و مقدونیه متصل می‌ساخت و شبکه‌ای به طول ۷۷۰۰۰ کیلومتر را تشکیل داده بودند.

از شهر لیون، مرکز لوگدونوم[8]، شبکه‌ای از راهها به طول ۴۰۰۰ کیلومتر به تمام مناطق گل گسترده شده بود. قدیمیترین راههای مورداستفادهٔ گلها، در برخی از مسیرها می‌بایست از راههای

1. Via Appia

۲. Capua شهری در کنار ولتورنو در ایتالیا.

۳. Ch. de Bross ۱۷۰۹ ـ ۱۷۷۷ فرماندار و نویسندهٔ فرانسوی.

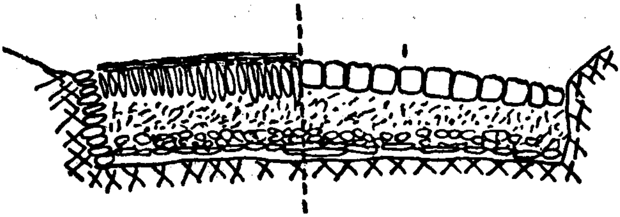
4. Via Aurelia

۵. Punique نامی است که به دوران رقابتهای طولانی روم و کارتاژ داده شده است و در سال ۱۴۶ پیش از میلاد، پس از سه جنگ سخت، موجب ویرانی کارتاژ شد.

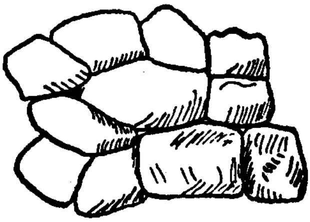
۶. Narbonnais شهری از گل و رومیها که اوگوست امپراطور روم در سال ۲۷ قبل از میلاد آن را بنا کرد.

۷. Epirus منطقه‌ای از یونان در جنوب غربی مقدونیه.

۸. Lugdunum نام لاتینی لیون است.



شکل ۱۰۹. ساختمان بزرگراه رومی.



شکل ۱۱۰. سنگفرش راه.

رومی تغذیه کرده باشند یا اینکه از مدتها پیش به‌شکل کوره راههایی بودند که برای آمدوشدهای داخلی مورد استفاده قرار می‌گرفتند.

سرانجام، «راه قلع» قدیمی که از ارتفاعات سن‌ویون[1] می‌گذشت، می‌بایست به رودخانهٔ سون[2] برسد و بدین‌ترتیب دریای مانش را به مدیترانه متصل سازد. راه‌دیگری نیز می‌بایست حمل بار را بین اوت سون[3] و موزل[4] تأمین کند. در آن زمان برای رفتن از مصب سن به مارسی سی‌روز وقت صرف می‌شد.

همه می‌دانند که ساختن این راهها را رومیها با دقت و مواظبت و ولخرجی تمام ساخته بودند. توجه و مراقبتی که در ساختن این راهها مبذول می‌شد، متناسب بااهمیت راه و وضع زمین آنجا بود. آقای آرسیس دوکومون[5] می‌نویسد که ساختن این راهها بدین طریق بود، که نخست، زیرسازی statumen بود که از سنگهای صاف و گاهی همراه با ساروجکاری انجام می‌گرفت؛ بر روی این لایه مقداری لاشه سنگ می‌ریختند که قشر ruderatio را تشکیل می‌داد. آن‌گاه کار nucleus انجام می‌گرفت که بتونی از شن و آهک و ریزه‌های کورهٔ شکسته بود (شکل ۱۰۹). و در پایان، کار روسازی summa crusta انجام می‌گرفت که یا از سنگهایی در زیر قشری از شن یا ریگ بود و یا فرش کردن راه با لوحه‌های سنگی چند گوشه (شکل ۱۱۰). سنگفرش راه مخصوص جاده‌های پرتراکم مانند راه آپیا بود.

آقای برزیه[6] که در حوالی ریمس، بخصوص در یک راه شوسه که از مرداب ول[7] می‌گذرد،

۱. Yonne ولایتی در جنوب شرقی حوزهٔ پاریس.

۲. Saône رودی به‌طول ۴۸۰ کیلومتر در شرق فرانسه که در لیون به رود رون می‌ریزد.

۳. Haute-Saône ولایتی در مشرق فرانسه، در فرانش ـ کنته.

4. Moselle

۵. Arciss de Caumont ۱۸۰۲ ـ ۱۸۷۳ معمار فرانسوی.

6. Berzier 7. Vesle

کاوشهایی انجام داده است و ضخامت لایه‌های پیش گفته را چنین معین ساخته است:

۱) استاتومن، که از سنگهای صاف ساروج ساخته شده است، ۱۰ اینچ، روی ملاطی از آهک به ضخامت یک اینچ.

۲) رودراتیو، از قلوه سنگ ساروج شده، ۸ اینچ.

۳) نوکلئوس، از سنگهای کوبیده شده و سیمان، یک پا.

۴) لایهٔ روسازی، ۶ اینچ.

ضخامت کلی این راه شوسه برابر سه‌پا یا ۹۷٫۵ سانتیمتر است. در موزون[1] در ۱۰ کیلومتری ریمس، با همین ترتیب، ضخامت جاده برابر ۳٫۵ پا یا ۱۱۴ سانتیمتر است.

از بین رفتن راهها: راههای رومی با این‌چنین استحکامی، می‌بایست سده‌ها دوام آورند، راههای رومی با وجود تاخت‌وتازها و آشوبهای همیشگی، تا زمان شارلمانی مورداستفاده بودند. در این جاده‌ها ارابه‌های بسیار سنگین و نیز گردونه‌های سبک دارای دوچرخ و یک اسب به تاخت می‌گذشتند.

از قول آینهارد[2] (در کتاب زندگی شارلمانی) بارها داستان مسافرتهای شاهان مروونژی در گردونه‌های سنگینی، که بوسیله گاوان حرکت داده می‌شد، نقل شده است، و این واقعیت نشان می‌دهد که در سدهٔ هشتم، هنوز این راهها می‌توانستند چنین رفت‌وآمدهای سنگینی را تحمل کنند. اما خرابی و فرسودگی سرانجام بر آنها غالب شد. به‌طوری‌که وقایع‌نگاران آورده‌اند از سدهٔ نهم تا دوازدهم به‌علت خرابی زیاد این راهها، واگنها و کالسکه‌ها در آنها رفت و آمد نمی‌کردند.

حمل‌ونقل و مسافرت از این‌پس بر پشت اسب یا استر انجام می‌گرفت. جابه‌جا کردن بارهای سنگین از روستاها و معادن استخراج سنگ، باز با استفاده از گاوان انجام می‌گرفت و تنها در توان آنها بود که از این راههای پر از دست‌انداز بگذرند.

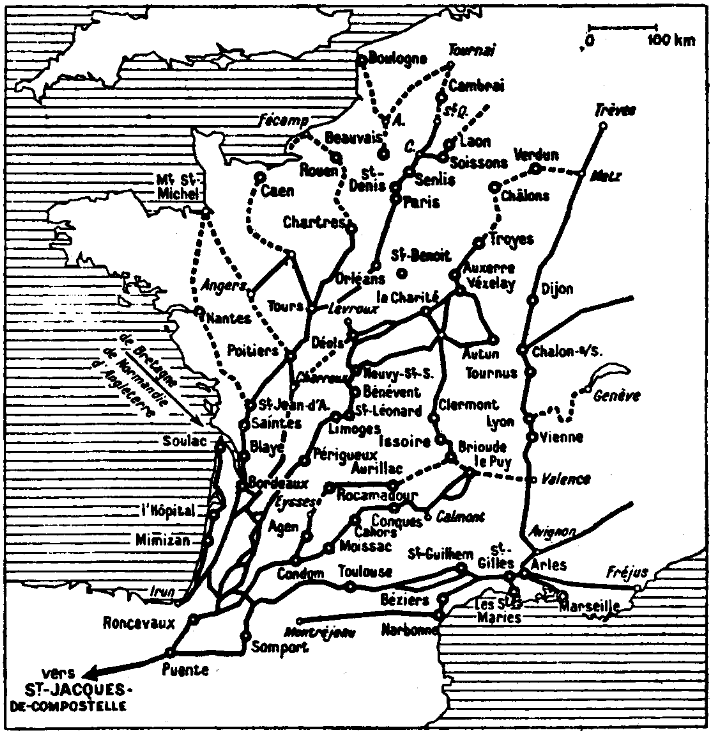
پستها و راههای ارتباطی: داشتن شبکه‌ای از راهها برای برقراری ارتباط، از لحاظ خدمات پستی نیز ناگزیر بود. پست شاهی، سپس پستهای کلیسا، شهرها، دانشگاهها در آغاز از چاپارهای پیاده استفاده می‌کردند، اما گسترش روزافزون نیاز به ارتباط، موجب تشکیل هیئت ویژه‌ای به نام چاپارهای سوار chevaucheur شد.

در سال ۱۳۵۰ دربار فرانسه دارای ۱۳ چاپار پیاده بود که در سال ۱۳۸۰ این عده به ۸ و در سال ۱۴۲۱ به دو چاپار محدود شد. تعداد چاپارهای سوار که در سال ۱۲۳۹ دوازده نفر بودند،

---

1. Mouzon

۲. Eyinhard ۷۷۰ ـ ۸۴۰ وقایع‌نگاری که تاریخ شارلمانی را نوشته است.



شکل ۱۱۱.راههای سانتیاگو دوکومپوستلا.

در سال ۱۳۸۳ لااقل به پنجاه نفر رسیدند، در این رقم نامه‌رسانهای شاهی و شاهزادگان شمار نشده‌اند. علاوه‌بر این عده، جارچیها، ژانتیوم‌ها و خبرنویسان، مأموریت ویژه‌ای داشتند. فئودالهای بزرگ نیز پیام‌رسانان مخصوص به‌خود را داشتند.

لویی یازدهم در ۱۹ ژوئیه سال ۱۴۶۴ به تشکیل یک ادارهٔ پست منظم فرمان داد. گرچه در مورد دقیق بودن این تاریخ گفت‌وگوست، اما به‌هرتقدیر در سال ۱۴۸۷ اداره پست منظم قطعاً وجود داشته است. این سازمان دارای سیستمی از اسکها (رله) بود که سازمان چاپاری روم را تداعی می‌کند.

در قرون وسطی از راهها برای ارتباط استفاده می‌شد اما پس از مرگ شارلمانی نگاهداری از این راهها به فئودالها واگذار شد که آنها فرصت را مغتنم دیدند و از این راهها تنها برای اخذ عوارض راه از عابرین استفاده کردند.

باید گفت که فرقه‌های بزرگ مذهبی، بویژه کلونیها خود را متعهد به نگاهداری از راهها می‌دانستند.

زائران مکانهای مذهبی معروف: سن ژاک دوکومپوستلا[1]، سن‌مارتن دوتور[2]، و بالاخره اورشلیم در ایجاد و نگاهداری راههای ارتباطی به این محلها شرکت می‌کردند.

با شروع سدهٔ سیزدهم، توجه پادشاهان به راهها جلب شد. سن لویی می‌خواست راههای عمومی طبقه‌بندی شوند و فئودالها را به نگاهداری راههایی که به سرزمین مقدس می‌رسیدند، ملزم می‌ساخت.

جنگ صدساله، امر نگاهداری راهها را متوقف ساخت، درحالی که در پایان سدهٔ پانزدهم، لویی یازدهم پستهایی و اسکهایی ایجاد کرد و چاپارهای شاهی در نه راه اصلی رفت و آمد داشتند؛ این راهها عبارت بودند از: پاریس به ایرون[3] (از بلوا، بوردو، بایون)[4]، بلوا به نانت (از تور و آنژه)[5]، پاریس به کاله، پاریس به پرون[6] (بعدها تا بروکسل)، پاریس به مس (از شاتوتیری، شالون سورمارن[7]، تول)[8]، پاریس به لیون (از بوربونه)، لیون به سالوتسو[9]، لیون به مارسی (از درهٔ رون)، بنیول[10] به تولوز (از نیم، ناربون[11]، کارکاسون)[12]، نگاهداری از این راهها از عوارضی که برای ورود به شهر، گذر از پلها، گذر از رودها اخذ می‌شد، تأمین می‌گشت.

مرمت راهها: در ۱۵ اکتبر سال ۱۵۰۸ لویی دوازدهم فرمانی داد که فرانسوای اول در سال ۱۵۳۶ و هانری دوم در سال ۱۵۵۲ و هانری سوم در سال ۱۵۷۹ آن را تأیید و تکمیل کردند. اما تا پایان سدهٔ شانزدهم، راههای فرانسه درواقع کوره راههایی بدون زیرسازی و روکاری محکم باقی ماندند.

در این‌هنگام بود که دلیجانهای مجهز به‌محور متحرک و فنر ساخته شدند و در ایتالیا ارابه‌های بزرگ رواج یافتند. رفت‌وآمدهای با وسایل چهارچرخی و توپخانه‌های سنگین، اما متحرک، مستلزم وجود راههای مقاومتر و عریضتر و پلهای مستحکمتر بود. دیگر از راهها تنها برای عبور پیاده‌نظام و سواره‌نظام و چند گاری روستا استفاده نمی‌شد، بلکه می‌بایست بوسیلهٔ مهمی برای ارتباط، در

1. Saint-Jacques-de Compostella 2. Saint-Martin-de Tours

۳. Irun شهری در ایالت گیپوتکوئا یکی از سه ایالت باسک اسپانیا.

۴. Bayonne شهری در ولایت باس-پیرنه، در جنوب غربی فرانسه.

۵. Angers مرکز ولایت من ـ ا ـ لوار در مغرب فرانسه.

۶. Peronne شهری در شمال فرانسه، در ولایت و کنار رود سوم.

۷. Chalons-sur-Marne مرکز ولایت مارن در شمال شرقی فرانسه.

۸. Toul شهری در شمال شرقی فرانسه در ولایت مورت ـ ا ـ موزل.

۹. Saluces شهری در ایتالیا، در منطقهٔ پیمون.

۱۰. Bagnoles نقطه‌ای در اورن در ناحیه آلانسون فرانسه.

۱۱. Narbonne مرکز ولایت اود، در فرانسه.

۱۲. Carcassonne از شهرهای مهم ولایت اود.

ردیف راههای آبی تبدیل گردد.

هانری چهارم برای اینکه راهها را به‌چنان سطحی ارتقا دهد، ادارهٔ نظارت عالیه بر راههای فرانسه را ایجاد کرد و مسؤولیت آن را به سولی واگذارد. سولی در ۱۳ ژانویهٔ ۱۵۰۷ آیین‌نامهٔ آن را تنظیم کرد. طبق این آیین‌نامه اختیارات این اداره و ادارات تابع آن مشخص و برنامهٔ سالانهٔ آن نیز پیش‌بینی گردید. لیکن کار نوسازی و ایجاد راههای فرانسه با سرعت پایان نیافت و نه‌تنها دوران سلطنت هانری چهارم بلکه لویی هشتم نیز برای اتمام آن کافی نبود.

کلبر که به اهمیت ارتباطات برای بازرگانی مبادلهٔ کالا میان پاریس، شهرستانها و ممالک خارجی واقف بود، ناگزیر بود که عادات و تمایلات غلط را تغییر دهد. او مسائل مربوط به پلها و راههای شوسه را به‌عهدهٔ مستوفیان دولت در شهرستانها واگذاشت (۱۶۶۹). او برای این کار یک پرسشنامهٔ کلی و یک برنامه راهسازی بسیار بلند پروازانه تنظیم کرد: منطقهٔ پاریس، شبکه راههای مرزی شرق، جاده‌ها و راهها در منطقه سون، که هدفی سیاسی و ارتشی را دنبال می‌کرد؛ زیرا این منطقه آخرین محل مقاومت پروتستانها بود.

در مورد منطقهٔ پاریس، ارتباطات میان ورسای، مارلی و سن ژرمن نیاز به ایجاد راههای جدید سنگفرش شده داشت، تا دلیجانها و بنه‌های ارتشی بتوانند از آنها آسان بگذرند.

هنگام مرگ کلبر در سال ۱۶۸۳ برنامه‌ای که او برای راهها تنظیم کرده بود، تقریباً پایان یافته بود.

معذلک، جز راههای سنگفرشی که هنوز هم وجود دارند بسیار محکم و پایدار می‌باشند، تکنیک ساختن راههای عمومی بسیار ابتدایی بود، فرش آنها بدون متد انجام می‌گرفت و تعداد زیادی از جاده‌ها، تنها شنریزی شده بودند. لافونتن در داستان: دلیجان و مگس مزاحم، وضع راه را چنین وصف می‌کند:

> در راهی سربالا، شنی و پر دست‌انداز که آفتاب‌سوزان از هر سوی بر آن می‌تافت
> شش اسب قوی، دلیجانی را به پیش می‌کشیدند زنان، کودکان، سالخوردگان همگی
> پایین آمده بودند اسبان خیس در عرق، نفس‌کشان تسلیم بودند.

این تابلو را با ارائه اعداد می‌توان بهتر تفهیم کرد:

در سرعتهای بین ۴ تا ۱۵ کیلومتر در ساعت (یورتمه) دلیجانی که در راه بخوبی سنگچین

حرکت می‌کند، برای هر تن وزن می‌بایست ۲۰ کیلوگرم نیروی کششی مصرف کند و در جاده‌ای که بخوبی سنگریزی شده باشد ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم؛ اما برای حرکت از روی جاده‌ای که سنگریزی بدی شده باشد، ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم و برای حرکت از روی جادهٔ شنی یا خاکی باید ۸۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم نیرو مصرف کند (طبق نظر کلمان کولسون)[1]

بنابراین اگر دلیجانی به حالت یورتمه از روی جادهٔ سنگفرشی خوبی به سن ژرمن برود، تنها به چهار اسب نیاز دارد (وزن کلی دو تن)، اما اگر از جادهٔ شنزار یا خاکی معمولی با قدم معمولی برود شش اسب لازم دارد، و حرکت هم بدشواری انجام می‌گیرد، بخصوص اگر سربالایی نیروی کششی آن را افزایش دهد. در حالت جادهٔ گلی، کار از این‌هم مشکلتر خواهد بود و تعداد دلیجانهایی که در چنین جاده‌هایی در گل ماندند، کم نبوده‌اند و آنها تنها با اسبهای کمکی توانستند نجات یابند.

ما خواهیم دید که در سدهٔ هجدهم بود که بهتر شدن تکنیکهای راهسازی هم از لحاظ سرعت و هم از نظر ایمنی توانست ارتباط بین شهری با وسایل اسبی را تغییر دهد.

پلها

تکنیک ساختمان پلها از قرون وسطی تا پایان سدهٔ هفدهم دستخوش هیچ تحولی نشد و می‌توان گفت که صرفاً تکرار کار رومیها بود. رومیها تقریباً فقط از قوسهای دور تمام استفاده می‌کردند، که بعدها رواج کامل یافت.

میراث رومیها: قوسهای رومی دهانهٔ وسیعی نداشتند، مثلاً قوسی که ما در پل آلکانتارا[2] (القنطره) می‌بینیم که در زمان اعراب، مرمتی غیر اساسی و بار دیگر در سال ۱۲۸۵ نیز ترمیم شد؛ و نیز پل بسیار زیبا و کهن سن آنجلو در روم که در سال ۱۳۶ ساخته شده است تا به مقبرهٔ هادریان ـ از نام پوبلیوس الیوس هادریانوس[3] ـ دسترسی باشد و بدین جهت نام پل الیوس هم بدان داده‌اند، و بالاخره پل مشهور گار[4] (شکل ۱۱۲) است.

چنانچه دوطرفی که باید به یکدیگر راه یابند، خیلی دور از هم باشند، قوس دور تمام ایجاب می‌کند که سطحهٔ پل به‌شکل گرده‌ماهی درآید (پل آرتا[5] در اپیروس یونان). این پل کهنه از این لحاظ نیز جالب است که مجهز به نخستین سنگهای گوه‌ای سرطاق است که بسیار ساییده شده‌اند

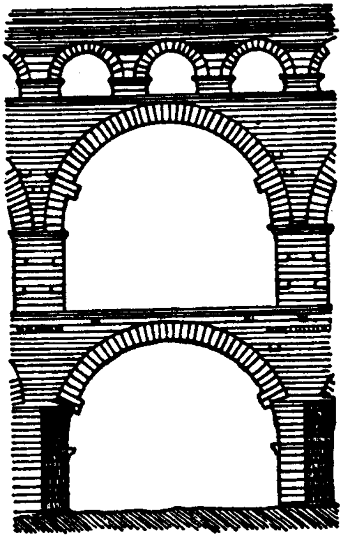
1. C. Colson

۲. Alcantara شهری در غرب اسپانیا، در استرمادورا.

۳. Publius Aelius Hadrianus ۷۶ ـ ۱۳۸ میلادی، امپراطور روم، برادرزاده ترایان.

۴. Gard ولایتی در جنوب فرانسه، در لانگدوک، کنار دریای مدیترانه.

5. Arta



شکل ۱۱۲.طاق پل گار.

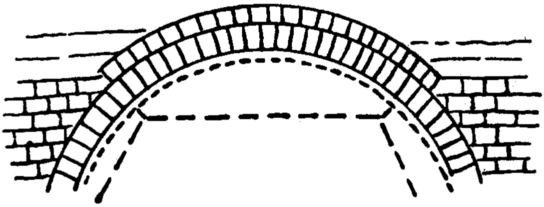
و دستکاریهایی که پیاپی بر روی آن شده است، احتمالاً مربوط به قرون وسطی است، سنگهای سرطاق آن بسیار منظم است. اما لزوم تکیه‌گاههای محکم منجر به ساختن قوسهایی با دهانه‌های زیادشد و نیز با گرده ماهی کردن سطحهٔ پل آن را تقویت کردند.

چنانچه در نظر داشتند پل دارای ارتفاع کم و تقریباً افقی باشد، مانند پل سن آنجلو، باز رومیها از طاق قوسی استفاده می‌کردند، اما در صورت ضرورت دهانهٔ آن را کم می‌کردند و چند طاق می‌زدند یعنی با وجود دشواریهایی که ناشی از بی‌نظمیهای شدید جریان رودخانه بود، (۹۰ متر مکعب در پایاب و ۴۰۰۰ متر مکعب در شدیدترین جریان) ولی در میان آب، پایه‌های میانی را نصب می‌کردند. در این دوران با تکنیک رایج در پلسازی، هیچ معماری جرأت زدن طاقهای کوتاه قوس را نداشت.

در قرون وسطی و تا سدهٔ هفدهم، بنابه موقعیت، سنن درکار پلسازی حکمفرما بود و قوسهای دور تمام رواج داشت: در سره[۱] (۱۳۲۱ ـ ۱۳۳۶) دهانهٔ ۴۴ متری ساخته شد، دربریود[۲] کهنه

۱. Ceret محلی در منطقه پیرنهٔ اوریانتال، درکنار رودخانه‌تش.

۲. Brioud شهری در ولایت اوت لوار فرانسه.



شکل ۱۱۳.پل تک دهانه در تورنون، سدهٔ چهاردهم.

(۱۳۴۰) دهانهٔ ۵۴٫۱۶ متری، و در نیون[۱] (۱۳۵۱ ـ ۱۴۰۷) دهانه ۴۹٫۲۰ متری.

همین تکنیک در سدهٔ هفدهم نیز حکمفرما بود و پل کله[۲] روی رودخانه دراک[۳] (۱۶۰۶ ـ ۱۶۱۱) زده شد که دهانهٔ آن ۶۴٫۳۵ متر بود و ناگزیر سطحهٔ آن را گردهٔ ماهی کردند.

این پلها قوسهایی با ضخامتهای مختلف دارند که ظاهراً نه محاسبه و نه طبق قاعده‌ای یکسان ساخته شده‌اند؛ قوس سره، دو حلقهٔ مستقل از هم دارد که یکی ۰٫۹۵ متر ضخامت دارد که از یک ستون پایهٔ قوس به‌ستون دیگر می‌رسد، درحالی‌که حلقهٔ دیگر که در بالا قرار دارد، ماهیچه‌هایش ۰٫۵۱ متر ضخامت دارند. و در قسمت سنگ سرطاق ضخامت کاهش یافته به ۰٫۳۵ متر می‌رسد؛ بدین‌ترتیب ضخامت حلقه‌ای ایجاد شده است، از ۱٫۴۶ در ماهیچه‌ها تا ۱٫۳۰ در سرطاق تغییر می‌کند.

برای برپا کردن قوس یک دهانه، نیاز به یک شابلون چوبی بود، اما هیچ اثری از آن نمانده است. وضع پل تورنون[۴] (سدهٔ چهاردهم) روش پلسازی آن زمان را نشان می‌دهد (شکل ۱۱۳).حلقهٔ قوس در قسمت ماهیچهٔ آن به‌صورت تکی است، اما در قسمتهایی که از سنگ سرطاق شروع می‌شود، دوگانه می‌شود.

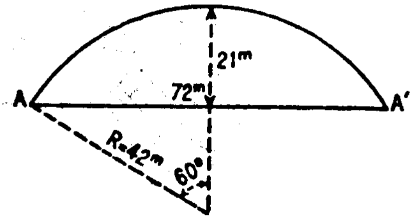
از گفته‌های بالا می‌توان نتیجه گرفت که سنگهای قطاعی طاق تکی را از شروع قوس در جای می‌گذاشتند، سپس آنها را تا ارتفاع معینی با مصالح بنایی پر می‌کردند. از نقطهٔ آغاز حلقهٔ دوگانه، حلقهٔ بالایی را که استحکام بیشتر قوس را سبب می‌شد، می‌چیدند. در آن زمان حلقه بالایی را ضخیمتر می‌چیدند و دهانهٔ آن هم کمتر بود و ضخامت کل آن به ۱٫۶۵ متر می‌رسید. باید توجه داد که در حلقه‌های تکی که به‌کمک شابلون در طاق تکی زده می‌شود، دشواریهایی از نوع مرکزی

۱. Nyons شهری در ولایت دروم در جنوب شرقی فرانسه.

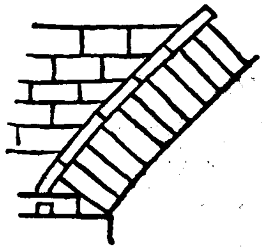
2. Claix

۳. Drac آبریزی در آلپ که در رودخانهٔ ایزر می‌ریزد.

۴. Tournon شهری در ولایت آردش درکنار رود رون.



شکل ۱۱۴.طاق پل ترتسو، اواخر سدهٔ چهاردهم.



شکل ۱۱۵.شروع طاق پل ترتسو.

نبودن و اعوجاج پدید می‌آید. وانگهی فشار حلقه‌ها در زیر وزن مصالح بنایی نیز ایجاد اعوجاج پایین آمدن سنگ سرطاق می‌کند، همان پدیده‌ای که آقای پل شرورنه[۱]، مقدار آن را در مورد پل سره ۰/۴۲۵ متر ارزیابی کرده است.

اما، چه برای اطمینان ازگذر آسان آبها باشد و یا برای پرهیز ازگرده‌ماهی شدن سطحه، از همان پایان قرون وسطی از طاقهای کوتاه قوس استفاده کردند، پل وکیو[۲] در فلورانس که در سال ۱۳۴۵ آقای نری دی فیوراوانتی[۳] آن را ساخت، با طاقهایی که برای ساختن بوتیکها روی آن برپا داشت، بسیار تماشایی است و پل سکالیژرها[۴] در ورونا در سال ۱۳۵۴ ساخته شده است تا به دژ آن دسترسی باشد (۱۳۵۵).

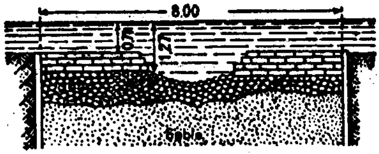
می‌توان از پلی نام برد که تا سدهٔ نوزدهم بزرگترین پل ساخته شدهٔ غیرفلزی بود، یعنی پل ترتسو بر روی رودخانهٔ آدا که مانند پل ورونا برای دسترسی به یک دژ ساخته شده است. هنوز قسمت شروع این قوس باقی مانده است و تجدید ساختمان آن ممکن است. این پل که کار ساخت آن از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۷ به‌طول انجامیده است، در سال ۱۴۱۶ ویران شد. دهانهٔ این پل ۷۲ متر و بلندترین ارتفاع آن حدود ۲۱ متر بود (شکل ۱۱۴).آشکار است که این ارقام مربوط به ضریب زاویه ۱۲۰ درجه می‌باشند. مرکز این قوس دقیقاً ۲۱ متر پایینتر از دهانهٔ پل است، بنابراین قوس آن ۴۲ متر شعاع دارد.

شروع‌قوس، که اکنون هم باقی است، نشان می‌دهد که این طاق ۲/۰۵ متر ضخامت داشته است، و سطح آن را با سنگهای تراش خورده، اما مسطح پوشانیده بودند و نمی‌توان آنها را سنگهای گوه‌ای (قطاعی) یک حلقه دانست. ممکن است این سنگها نقش زینتی داشته‌اند و در ضمن تنشهای مربوط

۱. P.Séjourné، سالهای ۱۸۵۱ ـ ۱۹۳۵ مهندس فرانسوی، مسؤول ساخت پلهای غیرفلزی.

2. Vecchio 3. Neri di Fioravanti

۴. Scaligers ژول سزار، سالهای ۱۴۸۴ ـ ۱۵۵۸ پزشک و زبانشناس ایتالیایی که در فرانسه می‌زیست، و ژوزف ژوست سکالیژر، سالهای ۱۵۴۰ ـ ۱۶۰۹ که در ریاضیات، فلسفه و زبانشناسی شهرت داشت.



شکل ۱۱۶.پی پل اورلئان.

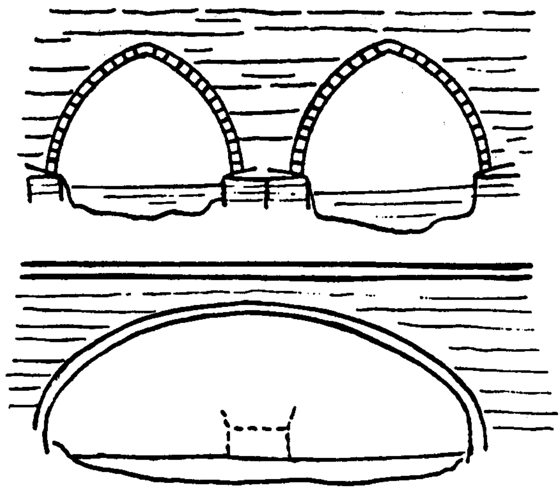
به مصالح پرکنندهٔ سینهٔ پل را روی سنگهای گوه‌ای ماهیچه‌های پل پخش می‌کردند (شکل ۱۱۵).

پلهای چند دهانه: برای گذر از یک درهٔ بزرگ، که بستر اصلی آن از آبرفتها پر شده است، پلی با دهانهٔ بزرگ مورد نیاز است. مثلاً رودخانه‌های لواروسن چنین وضعی دارند و نیز برای گذر از رودخانه‌های درون یک شهر نیز وجود پل ضروری است؛ گذر از رودخانه تیبر در روم بوسیلهٔ پل الیوس و نیز پلهای موجود در پاریس و دیگر شهرهای درهٔ لوار از این زمره‌اند. در این موارد نمی‌توان از پل یک دهانه استفاده کرد، بلکه باید این پلها دارای چندین دهانه باشند و پلهای چند دهانه‌ای غالباً جای پلهای چوبی را گرفته‌اند.

زمانی‌که پل چند دهانه دارد، می‌توان سطحه آن را پایین آورد، اما بشرطی‌که پایه‌های اضافی برای آن پیش‌بینی شده باشد و بنابراین می‌بایست پیهای آن را روی لایه‌ای از آبرفتها کار گذاشت. دشواری کارگذاری پی محکم، به‌علت کافی نبودن وسایل ساختمانی مربوط به زهکشی آب و خشک‌سازی محل کار در آن زمان بود. در آن عصر چند وسیلهٔ زهکشی رواج داشت، اما کارایی آنها بسیار کم بود؛ زیرا پیچ ارشمیدس با موتورهای بسیار ضعیف، تنها می‌توانست آب را اعماق کم را تخلیه کند. این پیچها عبارت بودند از اسبگردها یا بشکه‌هایی که یک یا دو نفر آنها را می‌غلطاندند.

در پل الیوس (پل سن آنجلو) پایه‌ها بسیار ستبر هستند و این امر نشان می‌دهد که سازندگان رومی این پل قصد داشتند تا فشارها را بر سطح گسترده‌ای از پی پخش کنند و بدین‌ترتیب برای پل حداکثر ایمنی را فراهم آورند.

یکی از حفاریهایی که در زیر پایهٔ پل قدیمی اورلئان انجام گرفته است (شکل ۱۱۶)،نشان می‌دهد که در آن زمان پی‌سازی چگونه انجام می‌گرفته است: بر روی بستری از شن تا عمق ۱٫۲۷ متری زیر سطح پایاب رودخانه ریگ می‌ریختند، این ظاهراً حداکثر عمقی بود که می‌توانستند با وسایل آن روزی از آب تخلیه کنند. از این عمق به‌بالا کار پی‌ریزی با مصالح بنایی، در محدوده‌ای که با فروکردن تخته و چوب در زمین ایجاد شده بود تا ۰٫۷۱ متری زیر پایاب انجام می‌گرفت و از این سطح به بعد پایهٔ واقعی پل کارگذاشته می‌شد.



شکل ۱۱۷.قوسهای پل، بهتر شدن گذر آب را نشان می‌دهد.

این‌نوع پی‌ریزی پلها که از سدهٔ یازدهم شروع شد بود (تور سال ۱۰۳۷)، صدها سال تا سدهٔ هجدهم پایه‌های پلهای لوار را تحمل کرده بود، طرح طاقها تقریباً همه‌جا یکی است (شکل ۱۱۷).طاقها با انحنای جناغی (قوس تیزه‌دار) ساخته می‌شد که فشار افقی روی پی را می‌کاست (به کتاب ششم، فصل ۲۲، تکنیکهای ساختمان مراجعه شود). وانگهی پایه‌های پل بسیار ستبر بودند و می‌توانستند بدون پشتیبانی قوسهای چسبیده به آنها هم، فشار طاق را بتنهایی تحمل کنند.

این سیستم پایه‌های ستبر دارای امتیاز مضاعف است که ساختن طاقها را تک‌به‌تک، بدون اینکه دلواپس یافتن تکیه‌گاه خارجی برای هر طاق باشیم، امکانپذیر می‌سازد، و نیز اگر طاقی خراب شود به طاقهای مجاور آن زیانی وارد نمی‌آید و این در موردی است که طغیان آب رودخانه یا هجوم یخهای آن به پایه‌های پل، یکی از چند طاق آن را ویران سازد یا یکی از طاقها در هنگام دفاع از پل ویران شود (محاصرهٔ اورلئان در سال ۱۴۲۹).

با این‌همه، ستبری پایه‌ها سبب می‌شود که دهانهٔ آبرو به‌هنگام افزایش آب رودخانه به‌مقدار چشمگیری کاهش یابد. نمونهٔ این حالت در پل کهنهٔ نانت دیده می‌شود که ستبری پایه‌ها با دهانه‌های آن برابر بود. در پل شهر بوژانسی[۱] ستبری بعضی از پایه‌ها هشت متر و دهانه‌های آن نه تا یازده

۱. Beaugency شهری در منطقهٔ اورلئان فرانسه تا کنار رودخانهٔ لوار.

متر بود؛ و نسبت پایه‌ها به دهانه‌ها، ۰٫۷۵ متر بود.

چنین سدی به‌هنگام طغیان آب، ایجاد اختلاف سطحی از آبها می‌کرد و تفاوت سطح بالا با سطح پایین ۰٫۶ متر بود و فشاری که دراین‌صورت به پایه‌ها وارد می‌آمد ممکن بود آنها را از جا برکند. حادثهٔ شکسته شدن یخ که در سالهای ۱۴۳۴ ـ ۱۴۳۵ اتفاق افتاد، بسیاری از طاقهای پل اورلئان (پل تورنل)[1] را با خود برد. بتدریج که کار بازسازی پل پیش می‌رفت، با ایجاد دو طاق مجاور به‌جای یک طاق دارای دهانهٔ عریض (شکل ۱۱۷) مجرای عبور آب را بهتر کردند. سطحهٔ پل در همان ارتفاع گذشته که متناسب با طاق کوتاه قوس بود، نگاهداشته شد و در اینجا ما با طاقی بیضوی یا تقریباً بیضوی که از قوسهایی با شعاعهای مختلف ساخته شده‌است، روبه‌رو می‌شویم که شعاع آن از شروع قوس (پا طاق) تا سنگ سرطاق افزوده می‌شود (قوسها از ۳ تا ۵ متر می‌باشند).

پلهای لندن نیز چنین سرگذشتی دارند. برای گذر از رودخانه تمز[2]، در حوالی لندن بریج[3]، پلهای چوبی ساخته بودند که احتمالاً تاریخ ساخت آنها به‌زمان سلطهٔ رومیها، و مطمئناً به‌دوران ساکسونها و نورمنها برمی‌گردد. این پلها بارها و بارها یا در اثر آتش‌سوزی و یا طغیانهای آب ویران شدند؛ تا اینکه در سال ۱۱۷۵ که هنری دوم فرمان داد یک پل چوبی بسازند. این پل چوبی را پتر[4] نامی که در چیپ ساید[5] کشیش کلیسای کوچک سنت مری کاول چرچ[6] بود، برپا نمود. نمازخانه‌ای روی پل ساخته شد و به تامس[7] قدیس کنتربری تقدیم گردید. دو سوی پل خانه‌هایی ساخته شد و پل همچون کوچه‌ای بین آنها قرار داشت. یک بازوی متحرک یا بالارونده به‌جای یک طاق آن ساخته شد تا کشتیها امکان گذر داشته باشند.

این پل تا سال ۱۷۶۱ چنین وضعی را داشت. در سال ۱۹۲۱ حین کارهای ساختمانی، طاقی از این پل یافت شد، که آن را به ویمبلی پارک[8] منتقل ساختند.

پلسازان: از جمع معماران سده‌های یازدهم و دوازدهم می‌توان از «برادران پلساز» نام برد که معماران و سازندگان پلهایی از قبیل پل سن اسپری[9] و نیز پل آوینیون بودند اما اطلاع ما از واقعیت این امر و روش به‌کار رفته، چندان نیست. تنها می‌توان گمان برد که در ردیف کارهایی که برای ساختمانهای مذهبی می‌شد، به این امر هم توجه داشته‌اند. به‌نظر می‌رسد که در سده‌های بعد، عملیات مذهبی

---

1. Tournelles 2. Thames 3. London Bridge 4. Peter 5. Cheapside 6. St. Mary Colechurch

۷. St Thomas a Becket ۱۱۱۷ ـ ۱۱۷۰ روحانی شهید انگلیس و اسقف اعظم کنتربری.

8. Wembley Park 9. Saint-Esprit

و خداپسندانه‌ای از این زمره ادامه نیافته باشد.

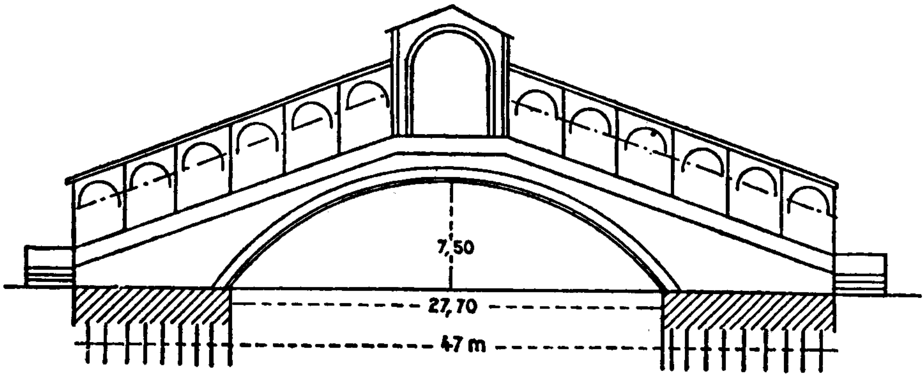
بعدها نام سازندگان فردی بر زبانها افتاد، این امر بویژه در ایتالیا دیده می‌شود که کارهای سدهٔ چهاردهم آنها در ورونا و ترتسو که بسیار جالب بودند، آوازهٔ بلند دنباله روان آنها در سده‌های پانزدهم و شانزدهم را سبب شد. در فرانسه، برخلاف ایتالیا، پلساز نام‌آوری نبوده است. شمار زیادی پلهای چوبی از جمله پل نتردام در پاریس، جای خود را به پلهای سنگی داده‌اند. قضیه از این قرار است که «پل تخته‌ای میبره»[1] در دوران شارل ششم نوسازی شد و «پل نتردام» نام گرفت. شارل ششم همراه با پسر خود دوک گوییِن[2]، و دوک دوبری، و دوک بورگونی، و دوک لاترموال[3] کلنگ نخست ساختن پایه‌های پل نوین را بر زمین زد. این پل که گمان می‌رود در اثر آتش‌سوزی بخشی از آن ویران شده باشد، در سال ۱۴۹۹ همراه با خانه‌های روی آن بوسیلهٔ سیلاب برده شد.

در آن زمان تصمیم گرفته شد که برای یافتن معماران و نیز پلسازان خوب در شهرهای اورلئان، تور، آمبواز، لیون، آمین، نانت و نیز شهرهای دیگر به تجسس بپردازند و گویا از شهرهای بلوا و اوورنی هم اشخاصی فراخوانده شدند. لیکن ظاهراً این اشخاص نتوانستند «شکل و مشخصات پل مزبور» را مطابق طرح داده شده، بسازند و لویی دوازدهم برای آوردن فراجوکوندو[4] که آوازه‌اش به لویی رسیده بود، اشخاصی را گسیل داشت.

فراجوکوندو ۱۴۳۵ ـ ۱۵۲۰ که «ژول سزار سکالیژر اومانیست»، یکی از معاصرانش دربارهٔ او گفته است «ریاضیدانی عمیق، دانشمند فیزیک، شاهزادهٔ معماران، یگانهٔ تقدس و هر نوع دانش» است، پل رومی قدیم ورونا را که دارای قوس با دور تمام بود، بازسازی کرده بود. این پل با پل نتردام بخوبی منطبق می‌شد. چنین می‌نماید که آن را با دقت ساخته است. او که کمی پس از سال ۱۵۰۰ به این کار همت گماشت تا سال ۱۵۱۳ ساختمان آن را به پایان رساند. فراجوکوندو پایه‌های محکم پل را روی پایه‌های چوبی در آب قرار داد، کاری که در آن زمان نوعی نوآوری بود. این پیها همچنین وزن پلی را که در سال ۱۸۵۳ زده شد، تحمل کردند. زمانی‌که این پل در سدهٔ بیستم بازسازی شد، پیهای قدیم را از میان بردند.

در سدهٔ شانزدهم با تعدادی از مهندس ـ معمار آشنا می‌شویم، که کارهای آنان هنوز باقی است. پل بسیار زیبای ترینیتا[5] در فلورانس با سه طاق بیضوی (بنابراین فرو افتاده) در سالهای ۱۵۵۸ تا ۱۵۷۰ ساخته شده است، معمار آن بارتولومئو آماناتی[6] ۱۵۱۱ ـ ۱۵۹۲ بود که تندیسهای متعددی نیز به یادگار گذاشته است.

1. Planches de Mibray 2. duc de Guienne 3. duc de La Tremoille 4. Fra Giocondo 5. Trinita 6. Bartolomeo Ammannati



شکل ۱۱۸.نمایه‌ای از پل ریالتو در ونیز.

دربارهٔ پلی که بسیار جالب و مشهور است و در ونیز پل ریالتو[1] نام دارد، نیز باید چند کلمه‌ای گفته شود. این پل به‌جای پل قدیمی و چوبی دارای سطحهٔ پایین ساخته شد. بخشی از پل جدید بالا می‌رفت تا کشتیها امکان عبور داشته باشند. طرح بازسازی موضوع رقابت هنرمندان قدراول ایتالیا بود. فراجوکوندو در سال ۱۵۱۳ طرحی ارائه داشت که پذیرفته نشد. در ۱۵۸۷ بیست‌وچهار طرح، ازآن‌میان طرح پالادیو و طرح دیگری که گویا از میکلانژ بود، بررسی شد. شرایط کار شامل امکان عبور یک گالی مسلح از زیر یک پل ثابت سنگی بود.

پیشنهاد پالادیو پلی از نوع «رومی» با سه طاق گرد بود، که می‌بایست دوپایه در کانال داشته باشد. طرحی که در سالهای ۱۵۸۸ ـ ۱۵۹۱ پیاده شد، از آن آنتونیو داپونته[2] بود، که یک قوس دایره‌ای است که فروافتادگی آن از پل ورونا کمی کمتر بود. دهانهٔ آن ۲۷/۷۰ متر و ارتفاع قوس از سطح آب ۷/۵ متر بود. این پل بر پایهٔ چندین هزار شمع چوبی کوبیده شده، استقرار یافت. عرض سطحهٔ پل استثنایی ۲۲/۱۰ متر بود و یک خیابان واقعی را تشکیل می‌داد که در دو سوی آن بوتیکهایی ساخته شده بودند. بوتیکها که منظرهٔ قوسی داشتند جنبهٔ لوکس و جالبی به پل می‌دادند (شکل ۱۱۸).

جنگهای ایتالیا سبب آشنایی تکنسین‌های فرانسه با کارهای مهندسان ایتالیایی شد. شمار فراوانی از این مهندسان، همان‌طورکه دیدیم برای کار به فرانسه آمدند و معماران فرانسه از همکاری با مهندسان ایتالیایی در اجرای طرحهای آنها ابایی نداشتند.

1. Rialto 2. A. da Ponte

اندروئه سرسو
(همکار فراجوکوندو در سال ۱۵۰۵)

ژاک اندروئه سرسو
معمار و کنده‌کار ۱۵۱۵، پس از ۱۵۸۴

ژاک‌اندروئه
معمار هانری چهارم و لویی سیزدهم
مرگ ۱۶۱۴

ژ. باتیست اندروئه
معمار هانری سوم و هانری چهارم

ژان آندروئه
معمار لویی هشتم در سال ۱۶۱۷
(۱۵۸۹ ـ ؟)

اندروئه‌های خانوادهٔسرسو: می‌توان از همکاری نخستین آندروئهٔ[1] این خانواده در سال ۱۵۰۵ با فراجوکوندو یاد کرد؛ در این سال فراجوکوندو کارهای ساختمانی پل نتردام را رهبری می‌کرد.

بررسی وضعیت خانوادهٔ سرسو[2] در زمینهٔ معماری بسیار جالب می‌باشد. مطالعهٔ این خانواده نشان می‌دهد که چگونه پدر، پسر و نوادگان و بالاخره سراسر خانواده با موفقیت در طرحهای معماری کار کرده‌اند.

پون‌نف در پاریس روی یال پایینی جزیرهٔ دولاسیته[3]، که از تجمع چندین جزیرهٔ کوچک ایجاد شده بود، بوسیلهٔ ژ. باتیست آندروئه سرسو ساخته شد. هانری سوم برای گذراندن نخستین سنگ پی به محل آمد برپا کردن پایه‌ها و رسانیدن آنها تا خیز طاق بسیار سریع انجام گرفت، لیکن آشوب شدید ناشی از جنگهای مذهبی، مانع بنای سقف گردید و این کار تنها در زمان هانری چهارم جامهٔ عمل پوشید. هانری چهارم در ۲۰ ژوئن ۱۶۰۳ از روی پل ناتمام عبور کرد و پل در سال ۱۶۰۴ بوسیلهٔ گیوم مارشان[4]، که معمار شهر بود پایان پذیرفت، قرنیس زیبایی که بر سر پل جلوه می‌فروشد، ابتکار این معمار است.

پون‌نف در میان پلهای پاریس، سبک نوی دارد، زیرا این نخستین‌بار است که در دو سوی پل چیزی ساخته نشده بود و عابران می‌توانستند از بالای پل منظرهٔ سن را تماشا کنند. نوآوری دیگر این پل، پیاده‌روهای دو طرف آن بود، چیزی که در خیابانهای آن زمان پاریس دیده نمی‌شد.

1. Androuet 2. Cerceau 3. de la Cité 4. G. Marchand

ژان، پسر باتیست آندروئه بنوبهٔ خود مأمور شد که پون ـ ا ـ شانژ[1] پاریس (۱۶۳۹ ـ ۱۶۴۲) را با همکاری دنی‌لو[2] و ماتورن دوری[3] بسازد.

پلهای دیگر سدهٔ هفدهم پاریس یادگار قرون وسطی بودند؛ از آن جمله پل سنگی پتی‌پون[4] که در سال ۱۱۸۵ بوسیلهٔ موریس دوسولی[5] به‌جای پل چوبی قدیمی ساخته شد. سیلاب یا حریق لااقل ده‌بار آن را از بین برد و تا سال ۱۷۱۸ با منازلی پوشیده شده بود.

پل چوبی پون ماری [6] بارها بازسازی شده است، این پل در سالهای ۱۶۱۸ ـ ۱۶۳۵ سنگی گردید و در سال ۱۶۵۸ بخشی از آن ویران شد. این پل ادامهٔ پل تورنل[7] بود که از سال ۱۳۶۹ تا ۱۶۵۶ چوبی بود و در این سال سنگی گردید.

پل سن‌لویی[8] که جزیرهٔ سن لویی را به خشکی متصل می‌سازد، درگذشته پل سرخ[9] نامیده می‌شد. این پل در سال ۱۶۲۷ از چوب ساخته و با رنگ سرخ رنگ زده شد. پل روایال[10] (۱۶۸۵) کمی پایینتر از پل سرخ به‌جای پل چوبی پون باربیه[11] زده شد، این پل را نیز که پل سرخ می‌نامیدند در سال ۱۶۳۲ از چوب ساختند، اما در سال ۱۶۵۴ سوخت و در سالهای ۱۶۵۴ و ۱۶۸۴ طغیان رودخانه آن را با خود برد. سرانجام در سالهای ۱۶۸۵ ـ ۱۶۸۹ با مصالح سنگی بوسیله گابریل و دومینیکنی به نام رومن براساس نقشه فرانسوا منسار[12] ساخته شد.

با وجود اینکه در سدهٔ هفدهم پلهای متعددی از سده‌های دوازدهم و سیزدهم مانند پلهای پونتواز، ورنون[13]، مانت[14]، پون دولارش[15]، اورلئان، تور . . . و نیز پلهای چوبی بسیاری برجای مانده بودند، اما باید گفت که خود سدهٔ هفدهم در رشتهٔ پلسازی شاهد کوششهای درخوری بوده است. پل‌گرنل[16]، آخرین پل چوبی تا سال ۱۸۷۵ برپای بود.

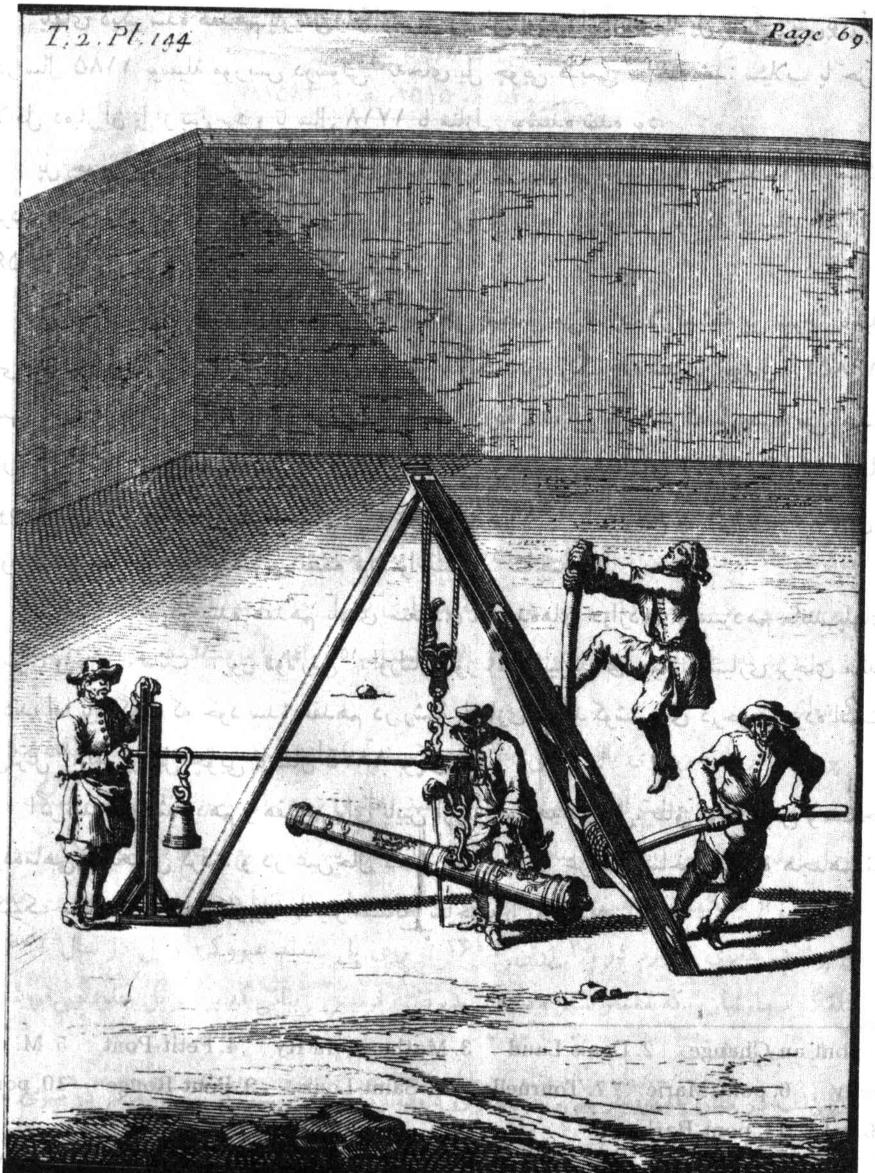
اگر سده‌های شانزدهم و هفدهم برای پایین آوردن سطحه‌های پل، طاق کوتاه قوس و سطحهٔ گرده‌ماهی را تحمیل کردند و در عین‌حال دهانهٔ آبروی پل را عریض ساختند، سدهٔ هجدهم نیز تکنیک محاسبهٔ طاقها و کاربرد علمیتر مصالح ساخت را رواج داد.

---

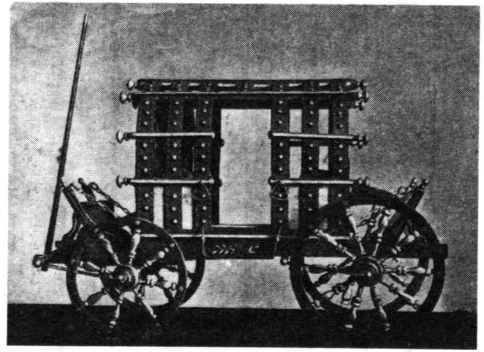
1. pont au Change 2. Denis Laud 3. Mathurin du Ry 4. Petit-Pont 5. M. de Sully 6. pont Marie 7. Tournelle 8. Saint-Louis 9. Pont Rouge 10. pont Royal 11. pont Barbier

۱۲. F. Mansart ۱۵۹۸ ـ ۱۶۶۶ معمار فرانسوی.

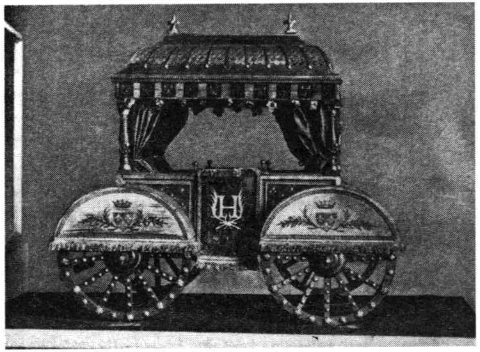
13. Vernon 14. Mantes 15. Pont-de-l'Arche 16. pont de Grenelle



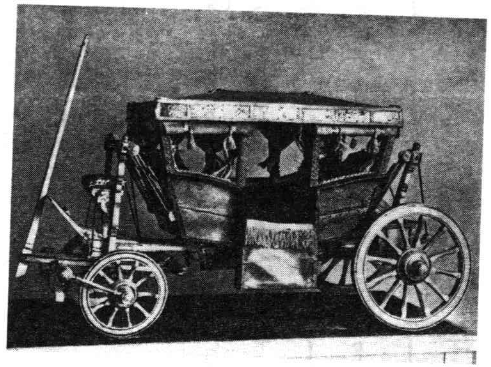
تابلوی ۲۷. توزین یک توپ که از کلکسیون تصاویر انسیکلوپدی گرفته شده است.



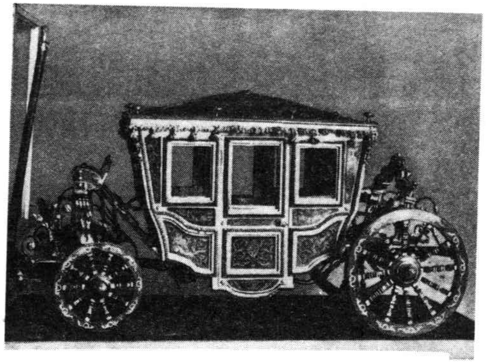
الف) کالسکه‌ای از سدهٔ شانزدهم، معروف به کالسکهٔ ننویی.



ب) کالسکهٔ هانری چهارم.



ج) کالسکه‌ای از زمان لویی سیزدهم.



د) کالسکه‌ای از زمان **لویی چهاردهم**.

تابلوی ۲۸. کالسکه‌های تجملی سده‌های شانزدهم و **هفدهم**.

۱۶

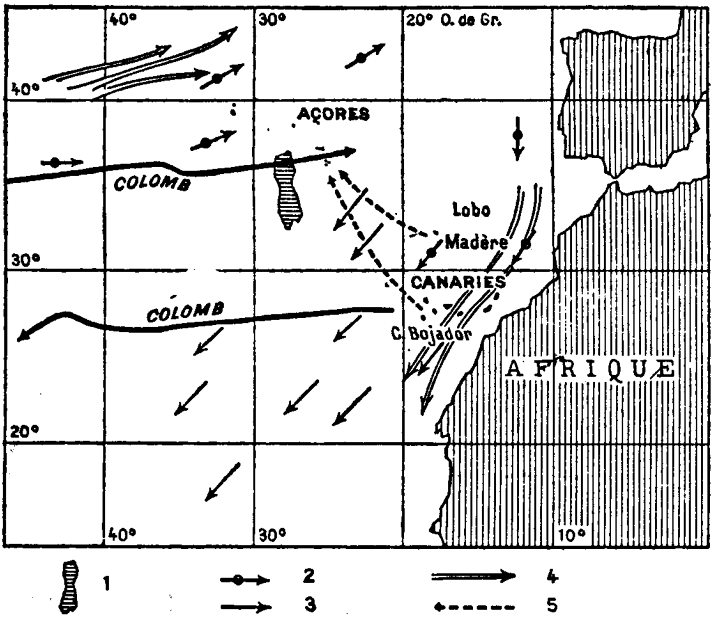
حمل‌ونقل دریایی و رودخانه‌ای

کشتیهای دریاپیما

میراث سدهٔ پانزدهم: تحولی که در دو سدهٔ شانزدهم و هفدهم درکارکشتی‌سازی رخ داد، عملاً از سدهٔ پانزدهم شروع شده بود، سده‌ای که دوران سفرها و اکتشافات بزرگ و دریاپیمایی واقعی است. انواع گوناگونی کشتی مورداستفاده قرار می‌گرفت، کشتیها سریعاً تحول می‌یافتند و به‌انواع کشتیهای سدهٔ شانزدهم تبدیل می‌شدند که باز هم در راه تکامل به‌پیش می‌رفتند، اما با گامهای آهسته‌تر و مطمئنتر.

برای درک ریشهٔ این تحول می‌بایست وضع کشتیرانی در سدهٔ پانزدهم را مورد بررسی قرار داد.

شناختن سمت بادها و جریانها: تا سال ۱۴۰۰، با چند استثنایی که می‌بایست آنها را در دریای مدیترانه کشف کنیم، امر کشتیرانی بستگی به باد موافق داشت. هیچ مدرکی در دست نیست که نشان دهد در اروپای شمالی کشتیهای دارای دو دکل رفت‌وآمد داشتند؛ بنابراین بادبان مربعی که از بازوی افقی دکل آویزان بود، تنها وسیلهٔ پیش‌برنده کشتی بود و کشتی نمی‌توانست رو به باد حرکت کند.



شکل ۱۱۹. اکتشافات جزایر آسور ۱، قاره تخیلی آنتیل ۲، بادهای متغیر ۳، بادهای منظم ۴، جریانهای آبی ۵، مسیر حرکت کشتیها به‌سوی جزایر آسور (۱۴۲۷).

نشانه‌هایی در دست است که در مدیترانه از مدتها پیش، از بادبان لچکی (سه گوش) که به تیرهای مایل بسته می‌شدند، استفاده می‌شد. کاربرد چنین بادبانی، حرکت رو به باد را امکانپذیر می‌ساخت، کاری که در گذشته انجام می‌شد و به‌استفاده از دو دکل منجر گردید.

در شمال تا سال ۱۴۳۵ کشتیهای چند دکلی وجود نداشتند و در این سال کشتی سه دکلی ساخته شد، که نتیجهٔ نفوذ کشتیهای مدیترانه‌ای بود. درواقع در این دوران، کشتیهای پرتغالی انقلابی در این صنعت ایجاد کرده بودند. در سال ۱۴۲۰ (و حتی در ۱۴۱۷) شاهزاده هانری دریانورد[۱]، تجهیزات مورد نیاز برای سفرهای بزرگ: کشتی، وسایل رصدی، نقشه را گردآوری و هماهنگ ساخت و کشتیرانان را برای در پیش گرفتن راههای تازه و دور از کرانه‌ها تشویق کرد.

شکلهای ۱۱۹ و ۱۲۱ نشان می‌دهند که چگونه دریانوردی این دوران منجر به‌پیدایش انواع تازه‌ای از کشتیها شد.

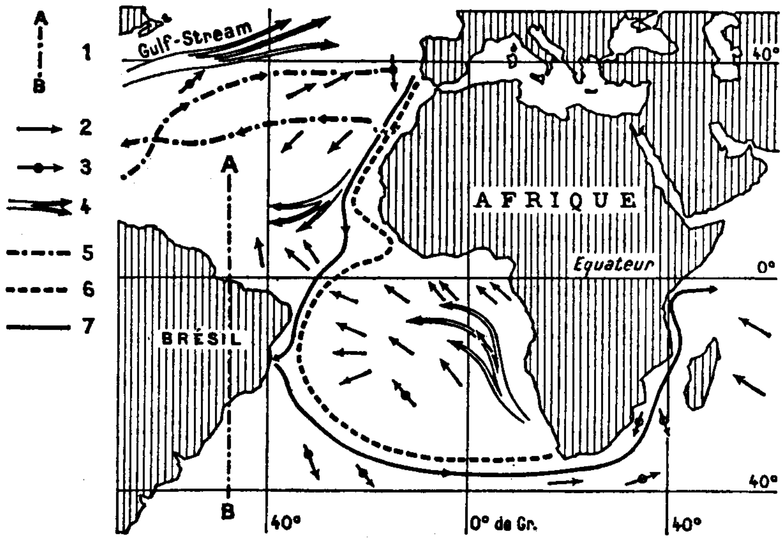
۱. Henri le Navigateur ۱۳۹۴_۱۴۶۰ شاهزاده پرتغالی، متولد پورتو، پسر ژان اول.



شکل ۱۲۰. قایق پرتغالی با بادبان چهارگوش (۱۴۳۴).

شکل ۱۱۹ نشان می‌دهد که چگونه بادها و جریانها، کشتیها را به‌آسانی به مادیرا[1] و جزایر کاناری هدایت می‌کردند. برای حرکت برگشت، کشتیها خود را در مسیر شمال غربی هدایت می‌کردند تا از روبه‌رو شدن با بادی که مستقیماً مخالف مسیر آنها بود، پرهیز کنند.

حفظ مسیر درحالی‌که جهت باد عمود بر طول کشتی باشد نیز در این دوران امکانپذیر بود و



شکل ۱۲۱. مسیر حرکت کشتیها به‌سوی آتلانتیک جنوبی. A-B مرز مستملکات اسپانیا (غرب) و پرتغال (شرق)؛ ۲، بادهای منظم ۳، بادهای متغیر ۴، جریانهای آبی ۵، مسیر کریستف کلمب (۱۴۹۲) ۶، مسیر بارتولومئو دیاش (۱۴۸۷) ۷، مسیر پدرو کبرال (۱۵۰۰).

۱. Madeira جزیرهٔ پرتغالی در اقیانوس اطلس، در مغرب مراکش.

در سال ۱۴۳۱ و شاید هم کمی پیش از آن با این روش آشنا بودند و بدین‌ترتیب به مجمع‌الجزایر آسورش[۱] (آسور) می‌راندند. در شمال این مجمع‌الجزایر باد غرب طبیعتاً کشتیها را بدون اینکه لزومی به کج‌ومعوج و چپ و راست رفتن کشتی باشد، به سواحل اروپا می‌رساند.

طی شصت سال بین ۱۴۳۲ تا ۱۴۹۲ دانش چگونگی باد بین عرضهای شمالی ۳۰ و ۴۰ بخوبی جا افتاده بود، کریستف کلمب به‌آسانی برنامهٔ رفت‌وبرگشت خود را براساس صرفاً بادهای موافق طبق اطلاعاتی که از دریانوردان پرتغالی به‌دست آورده بود، تنظیم کرد. تردیدی نیست که این اطلاعات را در جریان اقامتهایش در پرتغال گرد آورده بود.

در مورد اکتشافاتی که در جنوب، با استفاده از کرانه‌های آفریقا انجام گرفت، کار به‌نوع دیگری پیش رفت. دوران نخست این کشفیات مربوط به‌زمانی است که دریانوردان از گذشتن از دماغهٔ بوژادور[۲] بیم داشتند. داستانهای بسیار وحشتناکی در مورد خطرات گذر از این دماغه شیوع داشت. تنها قدرت بزرگ شاهزادهٔ دریانورد و اخلاص فوق‌العاده پیشکار او، زیل لان[۳] بود که سبب شد در سال ۱۴۳۴ این دماغه پشت سر گذارده شود (شکل ۱۲۰).

ترس و بیم از آبهای این دماغه که فرو ریخته شد، سفرها به‌سوی جنوب ادامه یافت و در سال ۱۴۴۴ به ریو دو اورو[۴] و در زمان مرگ هانری دریانورد، در سال ۱۴۶۰ به‌سیرالئون[۵] رسیدند.

اما در آن‌زمان مانور کشتیها در آنجا دشوار بود (شکل ۱۲۱)، زیرا در برابر کرانهٔ آفریقا در جنوب استوا، کشتیها خود را در برابر بادها و جریانهای آبی می‌یافتند.

پیدایش کشتیهای کاراول: دشواری بالا سبب شد که موضوع کاربرد مجدد کشتیهای کاراول مطرح شود. گفتیم که در مدیترانه بادبان لچکی (سه‌گوش) متداول بود و به کشتیها امکان می‌داد که به‌دل باد بزنند و برخلاف آن، کشتی برانند. از چگونگی پیدایش کشتیهای کاراول اطلاع چندانی نداریم. تردیدی نیست که این کشتیها مورداستفادهٔ ماهیگیران جنوب اسپانیا و نیز کشتیرانان «ساراسن»، دزدان دریایی و اجداد «شباک»[۶]های سده‌های بعد بودند و کاربرد بادبان سه‌گوش در یک کشتی اقیانوس‌پیما نتیجهٔ منطقی این امر است.

بدین‌ترتیب حدود میانهٔ سدهٔ پانزدهم، استفاده از کشتیهای نوع کاراول ظاهراً رونق داشت.

۱. Azores مجموعه‌ای از ۹ جزیره در قسمت شمالی اقیانوس اطلس، متعلق به پرتغال.

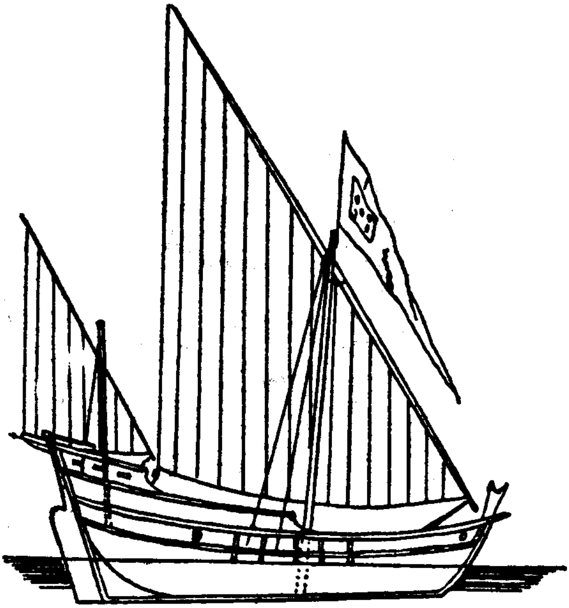
۲. Cape Bojador دماغه‌ای در صحرای غربی آفریقا.

3. Gil Lanes

۴. Rio de Oro قسمتی از جنوب صحرای غربی که درگذشته قیمومیت آن با اسپانیا بود.

۵. Sierra Leone دولتی در آفریقای غربی.

۶. واژه‌ای عربی که در آن زمان به قایقهای بسیار باریک سه دکلی که با پارو هم حرکت می‌کردند، اطلاق می‌شد.



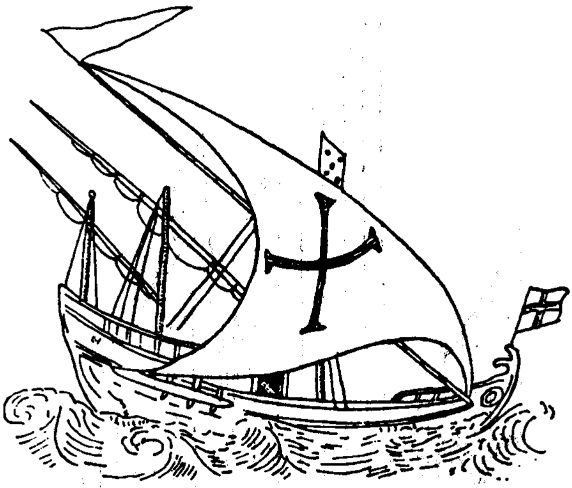
شکل ۱۲۲.کشتی کاراول با دو دکل.

کاراولهایی از آن‌زمان دیده شده‌اند که دو دکل (شکل ۱۲۲)،یا سه دکل (شکل ۱۲۳از نوعی که گوئیولاروئری[1] رسم کرده است) داشتند. این چند تکه‌بودن بادبان، سطح آن‌را افزایش می‌داد و آن‌را بهتر تقسیم می‌کرد و با قراردادن مرکز آن در نقطه‌ای در طول کشتی سبب می‌شد که اثر باد بنحوی با انحراف از مسیر مقابله کند. بدین‌ترتیب کشتیها توانستند بدون اشکال و نیاز به‌حرکت‌دادن سکان، رو به باد پیش بروند.

بنابراین کاراول در سدهٔ پانزدهم، ابزار کشفیات پرتغالیها بود، زیرا می‌توانست بر باد مخالف فایق آید و با کج‌ومعوج و چپ و راست رفتن کشتی در برابر باد، راه بازگشت را بپیماید. دریانوردان که به‌رفتن در راههای دور دریایی خود را به‌خطر می‌انداختند، تنها در صورت اطمینان از بازگشت خود، حتی به‌کمک باد مخالف، این خطر را می‌پذیرفتند.

پس از سال ۱۴۶۰ ژان دوم اقدامات شاهزاده هانری را با جدیت دنبال کرد و کشتیرانی به جنوب ادامه یافت. لیکن این بار برای دور زدن آفریقا و رسیدن به هند، که آماج اصلی سفر پرتغالیها بود.

1. Guilleux La Roérie



شکل ۱۲۳. کشتی کاراول با سه دکل (مطابق طرح گوئیو لاروئری).

بارتولومئو دیاش[1] با دو کاراول و یک کشتی حامل آذوقه در تابستان ۱۴۸۶ برای دور زدن آفریقا لنگر برداشت، لیکن حتی با کاراولها نتوانست به‌جنوب آفریقا دست یابد. او مستقیماً به‌سوی جنوب شرقی راند، کاراولها توانستند در جهت مخالف باد پیش روند لیکن جریان آب آنها را به شمال برگرداند و سرانجام به‌هیچ‌یک از نقاط این عرض جغرافیایی دست نیافت. در سال ۱۴۸۷ دیاش تصمیم گرفت در جهت جنوب غربی بادبان افرازد تا شاید با سود بردن از بادهای موافق بتواند به شرق آفریقا در حوالی مدار ۴۰ درجهٔ جنوبی برسد. او در صورت توفیق، نخستین کسی محسوب می‌شد که به شرق راه اقیانوس هند دست می‌یافت.

باید گفت که ساخت و پیدایش کاراول در امر دریانوردی برای اکتشاف، تنها کمک محدودی بود. این‌نوع کشتی دریانوردان را برای بازگشت مطمئن می‌ساخت، زیرا می‌توانست به‌دل باد بزند. اما چنانچه جریانهای آب با باد همسو می‌شدند، حالتی که در اقیانوس اطلس دیده می‌شود، این امتیاز از میان می‌رفت و کاراول نمی‌توانست در جهت مقابل باد به‌پیش تازد.

دربارهٔ سالهای ۱۴۸۷ ـ ۱۴۹۷ گفت‌وگو بسیار است، اما تنها چند واقعه از این دوران در دست است. پرتغالیها ادعا دارند که افتخار کامل کردن اطلاعات در مورد جریانهای آبی و بادی جنوب اقیانوس اطلس از آنهاست، اطلاعاتی که برای کارهای بعدی، مقدمهٔ لازمی به‌شمار می‌آید. هرگز نمی‌توان انکار کرد که پرتغالیها در این دوران به‌شکل کاملاً منطقی، همه امکانات دریانوردی

۱. Bartholomeu Dias فوت ۱۵۰۰ دریانورد پرتغالی، نخستین کسی بود که دماغه امیدنیک را دور زد.

را بررسی کرده‌اند. در واقع، شاید بتوان ادعا کرد که بررسی بادها بیشتر، به‌شکل مطالعهٔ اقیانوس‌شناسی انجام گرفته است تا نوعی سفرهای اکتشافی، و این مطالعه کاری لازم بود تا کشتیهای واسکودوگاما بتوانند در سال ۱۴۹۸ با پیش‌بینیهای تقریباً متیقن خود دربارهٔ مسافرتشان عازم شوند.

تغییرات افرازش: گرچه بار تولومئو دیاش با واسکودوگاما در سفرش همراه شد، اما واسکودوگاما از کشتیهای کاراول استفاده نکرد و با وجود اینکه از این‌نوع کشتی برای اکتشافات استفاده شده بود، اما برای سفر به هند به‌اندازهٔ کافی بزرگ نبودند. در این مسافرت آذوقه، اسلحهٔ فراوان و عدهٔ زیادی ملوان مورد نیاز بود.

در پرتو تجربه‌ای که از بادبان لچکی و دکلهای چندگانه داشتند، کشتیها (*nave, naô, nau*) در سدهٔ پانزدهم تکمیل و با سه دکل مجهز شدند که دکل اصلی بادبان بزرگ چهارگوش را حمل می‌کرد و دکل جلویی دومین بادبان چهارگوش و دکل آخری یک بادبان لچکی داشت. کشتیها با چنین افرازشی بهتر مانور می‌کردند و چنین بادبانی بهتر تعادل می‌یافت؛ بدین‌ترتیب حرکت کشتی به‌طور اساسی بهتر شد. چنین بادبانی امکان می‌داد که کشتی از باد پهلویی و باد عمود بر طول آن استفاده کند و حتی به‌دل باد بزند. اما اگر کشتی (*naô*)از نظر به چپ و راست رفتن، هنوز پایینتر از کاراول بود، در عوض بزرگتر بود و ملوانان؛ آذوقه و نیز توپخانهٔ بیشتری حمل می‌کرد.

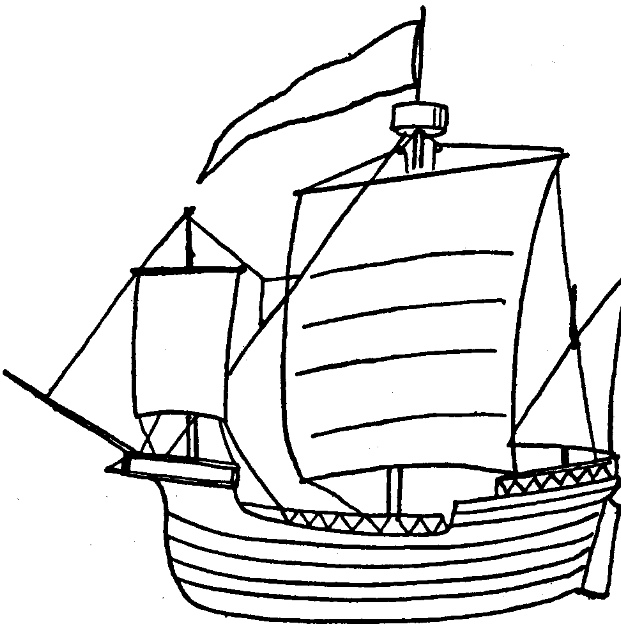
اما راه جدیدی که دیاش با کاراولهای خود یافت، کاملاً در جهت باد موافق بود (شکل ۱۲۱). این امتیاز برای راه برگشت هم وجود داشت، زیرا فقط لازم بود از کرانهٔ آفریقا به‌سوی شمال حرکت کند چرا که بادها و جریانهای آبی کشتیها را به جزایر کاناری برمی‌گردانیدند.

در شکل ۱۲۴ یک کشتی انگلیسی مربوط به آن‌زمان دیده می‌شود که سه دکل و سه بادبان دارد، این‌نوع کشتی طی سدهٔ شانزدهم تکامل یافت.

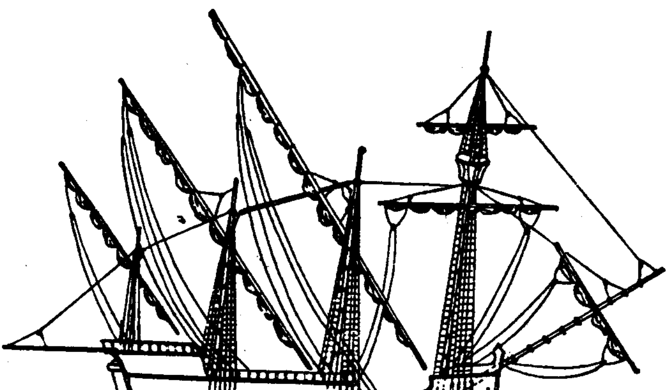
اما خود کاراولها طی سدهٔ پانزدهم دستخوش اصلاحاتی شدند. کاراول آرمادا[1] (شکل ۱۲۵) بزرگتر و چهار دکل داشت که یکی از آنها یک بادبان چهارگوش را حمل می‌کرد. این قسمت حرکت کشتی را درحالی‌که پشت به باد بود، آسان می‌ساخت. بنابراین نوعی تطبیق کاراول با راههایی بود که با بادبانهای چهارگوش مناسب‌بودند. کشتی nao نیز نوع تازه‌ای بود. این‌کشتی بادبانی چهارگوش داشت که نخستین اسکادرون و اسکودوگاما را تشکیل می‌داد (۱۴۹۸)، سپس کشتی پدرو کبرال[2] بود. این‌کشتی که بیشتر به غرب رانده شد به سواحل برزیل رسید، آن‌گاه به سمت شرق بازگشت تا به اقیانوس هند برسد.

دو تحولی که در کاراول برای سازگار کردن آن با بادبان چهارگوش (اگر تنها از بادبان گفت‌وگو

1. Armadas   2. P. Cabral



شکل ۱۲۴.کشتی انگلیسی با بادبان چهارگوش (در ساینس میوزیم لندن).



شکل ۱۲۵.کاراول از آرمادا .

کنیم)، و نیز در کشتی nao باسه دکل و یک بادبان لچکی در عقب انجام گرفت، نشانهٔ نزدیک شدن انواع کشتیها به یکدیگر برای رسیدن به‌یک نوع کشتی بود که کشتی سدهٔ شانزدهم نام گرفته است.

همهٔ این روشهای دریانوردی را که همراه با ساختمان خود کشتی تحول یافته بودند، می‌شد در ناوگان کلمب، در سفر نخست او (۱۴۹۲) دید. معلوم شده است که کلمب از وضع بادها در این دو منطقه آگاه بود و باید هم آگاه بوده باشد، و همین آگاهی او را قادر ساخت که به غرب براند و بعد بدون اشکال باز گردد.

کشتیهای کلمب: بدین‌ترتیب باید گفت که کلمب از همه امکانات انواع کشتیهای اسکادرون کوچک خود کاملاً آگاه بوده است. کشتی فرماندهی، سانتاماریا بادبان چهارگوش داشت. گاهی گفته شده است که این‌کشتی نوع کاراول rotonda شبیه آرمادا بود که درگذشته از آن سخن رفت و بادبانهای چهارگوش داشت. اما این یک کشتی باری بود که در گذشته کالا حمل می‌کرد و گاهی به‌کرایه می‌رفت و کریستف کلمب مالک آن، خوان دولاکوسا[1] را به‌عنوان سرپرست ملوانان در آن کشتی گمارده بود. بنابراین نوعی کشتی نوردیک با شباهت بسیار به کشتیهای هانزا بود.

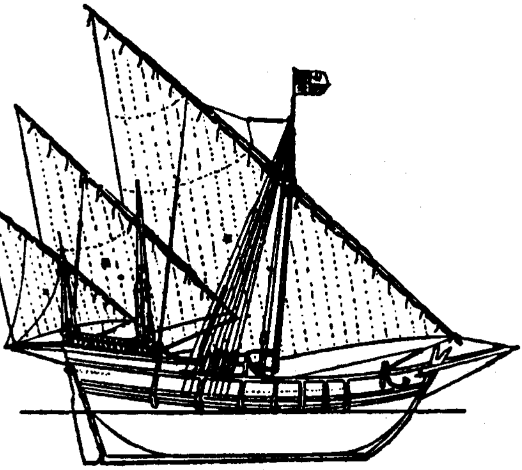
کشتیهای مارتین پینثون[2] کمی کوچک و آشکارا از نوع کاراول بودند. چگونگی ساخت این کشتیها مورد بحث است، اما می‌توان پذیرفت که تا حد قانع‌کننده‌ای نمونه‌های آن‌زمان را نشان می‌دادند (شکلهای ۱۲۶ و ۱۲۷)اندازهٔ آنها نمی‌تواند تفاوت زیادی با آنچه که مؤلفان مختلف آورده‌اند، داشته باشد:

در پیوست این فصل تعریف این اندازه‌ها آمده است. برای پرهیز از هرگونه ابهام، ما در صفحات بعدی چنین قرار داده‌ایم: بشکه برای ظرفیت کشتیها؛ تن برای مقدار جابه‌جاکردن آب.

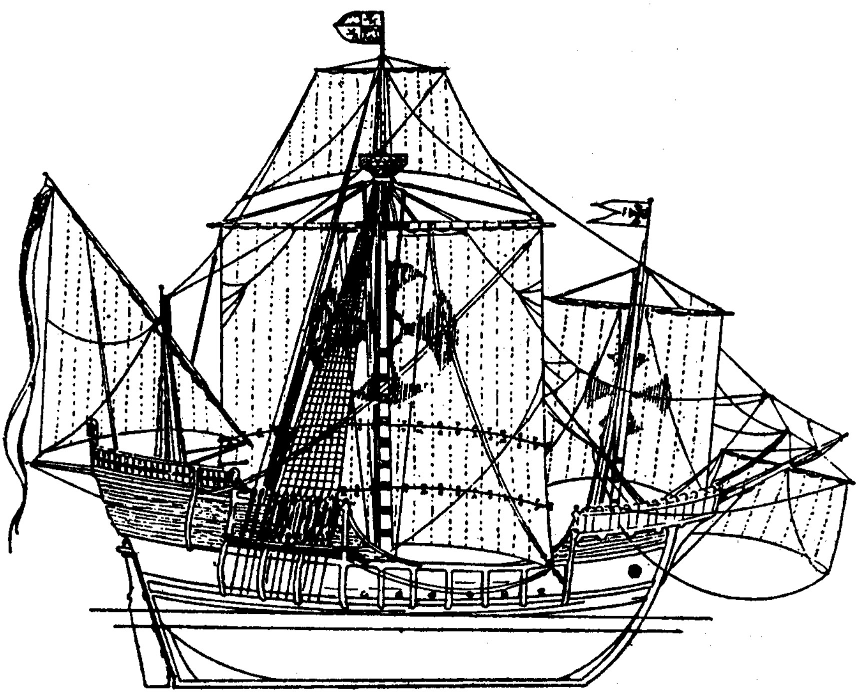
دربارهٔ بادبان توجه می‌دهیم که شکل ۱۲۷ بادبان سانتاماریا را نشان می‌دهد که سطح کلی آن ۴۶۰ مترمربع است. این سطح مربوط به‌نسبت ۲۷ با مقطع میان کشتی است (شکل ۱۲۷). معمولاً تا سدهٔ نوزدهم سطح بادبان با مقطع میان کشتی متناسب بود. سطح بادبان به‌قدرت پیش‌برندهٔ باد مربوط بود درحالی‌که سطح مقطع میان کشتی، بنحو بسیار تقریبی، مقاومتی است در برابر حرکت کشتی.

کشتی سانتاماریا، که شکلی گرد داشت برای باد از پشت سر ساخته شده بود. معلوم است که کلمب چنین کشتی را انتخاب می‌کرد، زیرا بزرگترین کشتی آن ناوگان و متناسب با راهی بود که او تصور می‌کرد در پیش دارد (باد منظم شرق)، و به‌هنگام بازگشت از باد غرب استفاده می‌کرد،

1. Juan de La Cosa . 2. M. Pinzon



شکل ۱۲۶.کشتی پینتای مارتین پینئون.



شکل ۱۲۷.کشتی سانتامار‌یای کریستف کلمب.

	سانتاماریا	پینتا	نینا
طول کشتیها در پل	۲۲,۵ متر	۲۰ متر	۲۰ متر
طول کلّی کشتیها	-۲۶,۳۰-	-۲۵,۲۰-	-۲۴,۱۰-
عرض کشتیها	۸ تا ۸,۴-	-۷,۴۰	-۷,۳۰-
ظرفیت کشتیها	۲۰۰ بشکه	۱۱۰ بشکه	۱۰۵ بشکه
مقدار جابه‌جا کردن	۲۳۳ (تن ۲۰۰۰ پوندی)	۱۶۰ (تن ۲۰۰۰ پوندی)	۱۵۰ (تن ۲۰۰۰ پوندی)

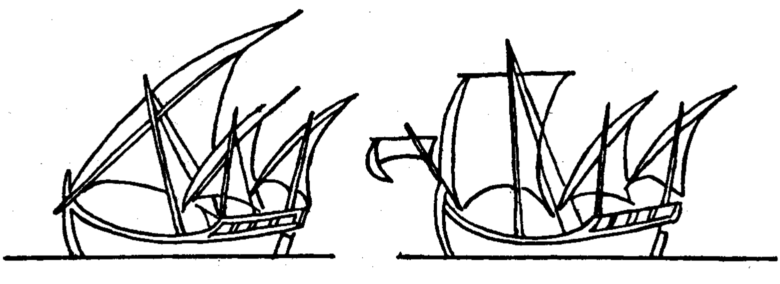
بنابراین همواره باد در پشت سر او بود.

کشتی نینا (شکل ۱۲۸، چپ) نوعی کاراول بود که با سانتاماریا تفاوتهای زیادی داشت، بنابراین کلمب آن‌را در نخستین توقف کاروان دستکاری کرد و به‌جای یکی از بادبانهای لچکی، بادبان چهارگوش گذاشت (شکل ۱۲۸، راست). این کار نشان می‌دهد که کلمب درنظر داشت، همیشه پشت به باد حرکت کند. یک چنین تغییر شکلی بر روی نقشه‌خوان دولاکوسا (۱۵۰۰ ـ ۱۵۲۰) نمایش داده شده است (شکل ۱۲۹).

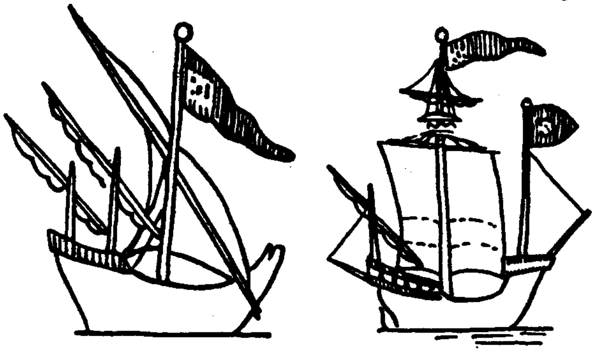
کشتی سانتاماریای کلمب در سال ۱۴۹۲ تنها یک بادبان چهارگوش کوچک بالای بادبان دکل وسط داشت؛ اما در زیر پیشامدگی سینهٔ کشتی، بادبان چهارگوشی که بادبان دکل کوچک نامیده می‌شد، تا میانهٔ سدهٔ هجدهم رواج داشت.

افرازش بهتر پخش شد و سطح بادبان افزایش یافت. در سال ۱۴۹۸ در کشتی واسکودوگاما یک بادبان چهارگوش روی دکل سینه دیده شد.

کشتی پینئون قدیمیتر از کشتیهای دیگر بود و برخلاف کشتیهای دیگر، بادبان لچکی، (سه‌گوش)



شکل ۱۲۸.تغییر شکل کشتی نینا.



شکل ۱۲۹.کشتیهایی که بر روی نقشه‌های خوان دولاکوسا کشیده شده‌اند (آغاز سدهٔ شانزدهم).

پینتا را حفظ کرده بود. پینتا یک کشتی کمی درازتر بود که خطوط ظریفتر از سانتاماریا داشت و آسانتر حرکت می‌کرد. دفتر وقعهٔ بندر و فشرده‌ای که لاس کاز[1] از آن نقل کرده است، بخوبی نشان می‌دهد که کشتی پینتا سریعتر از دیگران حرکت می‌کرد؛ این کشتی از بقیه سبقت می‌گرفت، دور می‌زد و آزادتر از کشتیهای دیگر حرکت می‌کرد. این امر موجب خشک کلمب بود که نسبت به پینثون حتی گمان خیانت و فرار از خدمت داشت. درواقع پینثون توانسته بود چند جزیره را که کلمب با آنها برخورد نکرده بود، ببیند و بیش از خود آدمیرال اطلاعات و ثروت به‌دست آورده بود.

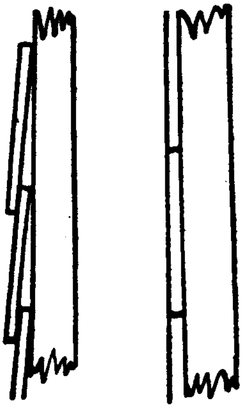
بدین‌ترتیب تحول کشتیها در سدهٔ پانزدهم به آنجا رسید که بیشتر کشتیها دارای دکلهای متعدد شدند، بادبانهای چهارگوش در وسط و در سینه، و بادبان لچکی در پاشنه افراشته می‌شد. بدین‌ترتیب از بادها بهتر از کشتیهای یک دکلی سال ۱۴۰۰ سود می‌بردند. ساختمان آنها ظریفتر شد تا بتوانند از امتیازات کشتیهای ظریفتر، نظیر کاراولها، که حتی به‌دل باد می‌زدند، نصیبی داشته باشند.

همچنین دربارهٔ اندازهٔ آنها باید گفت که این کشتیها معلوم است که یکسان نبوده‌اند: کشتیهایی از این نوع با ظرفیت ۲۰۰ تا ۴۰۰ بشکه وجود داشتند، مانند کشتی ۵۰۰ بشکه‌ای که در ساینس میوزیم لندن بازسازی شد (شکل ۱۲۴). اما حجم اصلی نقل و انتقال بارهای تجارتی با کشتیهای کوچکتر با ظرفیت حدود ۲۰۰ بشکه، که جابه‌جا کردن آنها حدود ۳۰۰ تن بود، انجام می‌گرفت.

شکل کشتیها: در دورانی که کشتیهای سه‌دکلی متداول شدند، کشتیهای دریای شمال با تخته‌کوبی لبه روی‌هم ساخته می‌شدند، یعنی تخته‌های بسیار نازک، مثل سفالهای روی بام لبه یکدیگر را می‌پوشانیدند (شکل ۱۳۰ الف).این یک تکنیک ساخت کشتیهای قدیم وایکینگها و ساکسونها بود که ادامه داشت. اما کشتیهای دریای مدیترانه نوع ساخت تخته‌کوبی لب‌به‌لب (شکل ۱۳۰ ب)

---

۱. Las Casas ۱۷۶۶ـ۱۸۴۲ تاریخ‌نویس فرانسوی.



شکل ۱۳۰.الف) ساخت لبهٔ روی‌هم؛ ب) تخته‌کوبی لب‌به‌لب.

را حفظ کردند. قسمت آبخور بسیار زمخت ساخته می‌شد و عقب و جلو آن یکسان بود و تخته‌ها که در دنبالهٔ کشتی به‌هم می‌پیوستند روی شکل محدب بدنهٔ کشتی به داخل خم می‌شدند.

در بالای خط آبخور کشتی، یک تیر عرضی، بخش آخری اطاقک (دبوسه) عقب را نگاه می‌داشت، این اطاقک که روی بدنهٔ کشتی ساخته شده و در قسمت آبخور کشتی بخوبی جا نمی‌افتاد، یادگاری از اطاقکهای به درازای کشتیهای دوران اولیهٔ قرون وسطی بود که روی کشتی قرار داده می‌شدند، و تقریباً به آن متصل نبودند.

در کشتیهای هلندی (مخصوص حمل مهمات) با بدنه تخته‌های لب روی هم زمخت، این اطاقکها تا پایان سدهٔ هفدهم باقی بودند.

اطاقک سه گوش جلوی کشتی در قسمت قدامی دماغ کشتی قرار داشت. این اطاقک که به جلو خم شده بود و از اطاقک عقب بالاتر بود، تا پایان سدهٔ پانزدهم وجود داشت و جنگاوران در آن قرار می‌گرفتند.

کشتیهای جنگی سدهٔ شانزدهم

استفاده از توپخانه، ایجاد تغییراتی را در کشتیها ضروری ساخت؛ درنتیجه، در سدهٔ شانزدهم کشتیهای جنگی از کشتیهای باری متمایز شدند.

توپخانه و تحول کشتیها: در آغاز، توپها سبک بودند و تنها در زمان جنگ در کشتیها کار گذاشته می‌شدند، در چنین موقعیتی آنها را در بالا، روی اطاقک کشتی کار می‌گذاشتند. وقتی توپها سنگین

شدند، بناچار آنها را روی عرشه‌های محکم، در فاصلهٔ بین دو اطاقک قرار دادند. سال ۱۵۰۱، گرچه مطمئناً تقریبی است، ولی به‌هرحال تاریخ نخستین ایجاد مزغل در خود بدنهٔ کشتی بود تا توپها را حتی‌الامکان در سطح پایینتری قرار دهند. یکی از اهالی برست[۱] به نام دشارژ[۲] ادعا دارد که خود پایه‌گذار این آرایش نوین است.

در انگلستان، کشتیهای ریجنت[۳] و ساورین[۴] که هر دو در سال ۱۴۸۷ (پیش از سال ۱۵۰۰) ساخته شده بودند، توپها را روی عرشهٔ خود داشتند. کشتی لوماری گراس آدیو[۵] که در سال ۱۵۱۴ ساخته شده بود، از مزغل خود در داخل کشتی آتش می‌کرد. هیچ نقشهٔ مشروحی در دست نیست تا وضع دقیق کشتی کوردلیر[۶] را، که در مورله[۷] ساخته شد و احتمالاً شبیه کشتی ریجنت[۸] بود روشن کند؛ این کشتی در نبرد مشهوری که در سال ۱۵۱۲ در مدخل برست درگرفت، غرق شد.

کشتیهای ریجنت و ساورین به ترتیب ۱۰۰۰ و ۸۰۰ بشکه ظرفیت داشتند. کشتی ریجنت چهار دکل داشت که نخستین کشتی دارای دو دکل در پاشنه با بادبان لچکی بود، لیکن کشتی ساورین، تنها سه دکل داشت.

در ربع نخست سدهٔ شانزدهم دکل بالا متداول شد. این دکل که جدا از دیگران بود در هوای طوفانی می‌توانست پایین آورده شود تا از فشار طوفان روی بادبانها کاسته شود. در انگلستان تقریباً در همین زمان (۱۵۲۵)، روش تخته‌کوبی لب‌به‌لب متداول شد (شکل ۱۳۰ ب). این تکنیک که استفاده از تخته‌های ضخیمتر را برای باد عوض کردن کشتی امکانپذیر و بدنهٔ کشتی را محکمتر می‌کرد، از کشتیهای مدیترانه‌ای اقتباس شده بود و روش کشتی‌سازی یونانیها و فنیقیهای دوران باستان بود. آب‌بندی کشتیها با اندودکردن درز لبه تخته‌ها انجام می‌گرفت. این سیستم بسرعت رواج یافت. بدنه‌هایی که بروش تخته‌کوبی لبه روی‌هم ساخته می‌شدند، احتمالاً ضعیفتر و سبکتر از آن بودند که تحمل وزن توپخانه را داشته باشند، و نیز ایجاد مزغل در بدنه‌های ساخته شده از تخته‌های لب‌به‌لب آسانتر از بدنه‌های لب روی‌هم بود.

در آن‌زمان توپها بسیار سنگین و کالیبرهای آنها بسیار متفاوت بودند. انواع توپها عبارت بودند از: توپ، نیم‌توپ، زنبورک و ... که بعدها مطابق کالیبرهای ۳۲، ۲۴، ۱۸، ۱۲، ۹، ۶، ۳ به‌شمار آمدند. توپهای مفرغی سرپر تقریباً بدون هیچ تغییری در سده‌های بعد به‌کار می‌رفتند.

در ۱۵۱۴ کشتی لوماری گراس آدیو[۹]، ۱۸۶ توپ داشت که ۱۲۲ عدد آن آهنی و سبک بودند

---

۱. Brest شهری در ولایت فینیستر، در شمال غربی فرانسه.

2. Decharges 3. Regent 4. Sovereign 5. le Mary grâce a Dieu 6. Cordeliére
7. Morlaix 8. Regent 9. Mary grâce à Dieu

وکولاس آنها جدا می‌شد؛ این کشتی چهار عدد زنبورک مفرغی نیز با خود حمل می‌کرد. در سال ۱۵۴۰ این کشتی را تجدید ساختمان کردند و از آن‌پس تنها ۱۲۲ توپ حمل می‌کرد که ۱۹ عدد آن مفرغی و بقیه آهنی بودند.

در سال ۱۸۳۶ در موزهٔ لندن، توپهای آهنی اولیه، که از کولاس خرجگذاری می‌شد و نیز توپهای مفرغی که بخوبی ریخته شده بودند و به کشتی مری روز[1] تعلق داشتند، به نمایش گذارده شدند. این کشتی در سال ۱۵۴۵ در مقابل بندر پورتسموث غرق شده بود. این توپهای مخلوط دورهٔ انتقالی اواسط سدهٔ شانزدهم را بخوبی نشان می‌دهند.

کشتیهای با ظرفیت متوسط و کوچک: تابلوهای بروگل، بین سالهای ۱۵۵۰ و ۱۵۶۹ کشتیهای این دوران را با دقت زیاد نشان می‌دهند. از آن میان بویژه باید از تابلوی «سقوط ایکاروس» (موزهٔ بروکسل) نام برد، که شهرت فراوان دارد.

اگر در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم ما شاهد افزایش چشمگیر ظرفیت کشتیهای مجهز به توپخانه قوی هستیم، باید بخاطر داشته باشیم که با این‌وجود تعداد زیادی کشتیهای با ظرفیت کوچک و متوسط وجود داشتند، که از میان اینها می‌توان کشتی معروف فرانسیس دریک[2] با نام Golden Hind (گوزن جوان طلایی) را ذکر کرد. دریک در سالهای ۱۵۷۱ ـ ۱۵۸۱ به یک مسافرت جهانگردی و دریازنی پرداخت و دماغهٔ هورن[3] را دور زد و از ساحل غربی امریکا به بالا رفت. این کشتی که بازسازی تازهٔ آن وضع واقعی آن‌را می‌نمایاند، می‌بایست دارای ابعاد زیر باشد:

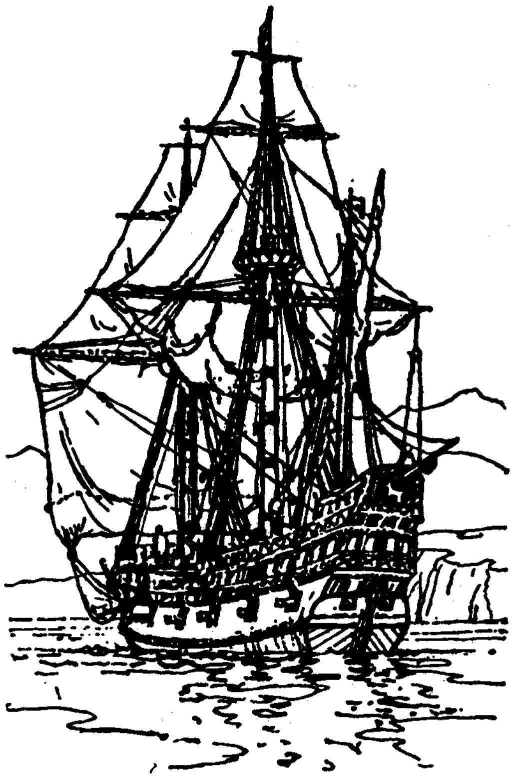
طول کشتی	۷۵ پا(۲۲٫۹۰ متر)
طول آبخور کشتی	۶۰ پا(۱۸٫۳۰ متر)
طول ستون فقرات کشتی	۴۷ پا(۱۴٫۳۳۵ متر)
عرض کشتی	۱۹ پا(۵٫۹۰ متر)
عمق انبار کالا	۱۰ـ۹ پا(۳٫۰۵ـ۲٫۷۳ متر)

این کشتی تنها ۱۰۰ بشکه ظرفیت داشت و مقدار جابه‌جا کردن آن ۱۵۰ تن بود. «دریک» با این کشتی و با ۸۸ نفر، که در بازگشت تعداد آنها به ۵۹ نفر رسیده بود، در ۸۹ روز، بدون اینکه برای گرفتن آذوقه و آب در جایی توقف داشته باشد، از اقیانوس اطلس گذشت.

طرح بازسازی این کشتی (شکل ۱۳۱) نشان می‌دهد که بدنهٔ آن با پاشنهٔ مربعی و مزغلهایش

1. Mary rose 2. F. Drake

۳. Cap Horn در جنوب شیلی، انتهای تیرادل فوئگو.



شکل ۱۳۱.کشتی گوزن جوان طلایی فرانسیس دریک (بازسازی شده).

درون بدنه است؛ دکلهای سینه و میانهٔ آن دارای بادبان چهارگوش بالا و بادبان پاشنه است. اندازهٔ کوچک آن نشانهٔ وجود تفاوتهای چشمگیری است که در این دوران برحسب کاربرد، بین انواع کشتیها: جنگی عریض، تجارتی، ساحلی وجود داشته است. کشتیهای بزرگ ظرفیتی تا ۱۱۰۰ بشکه داشتند، اما کشتیهای ساحلی تا ۱۰۰ بشکه (گوزن جوان طلایی)، یا حتی ۴۰ یا ۵۰ بشکه هم بودند.

آرمادای بزرگ: نبرد آرمادای بزرگ[1] در سال ۱۵۸۸ واقعه بزرگی است، شرح این نبرد اطلاعات فراوانی دربارهٔ حدود ظرفیت کشتیها و نیز شکل‌گیری یک ناوگان جنگی در پایان سدهٔ شانزدهم در اختیار می‌گذارد.

۱. Great Armada یا آرمادای شکست‌ناپذیر، ناوگانی که فیلیپ دوم برای شکست دادن الیزابت اول و برقرار کردن کاتولیسیسم در انگلستان به آنجا روانه ساخت، لیکن به شکست او انجامید.

		ظرفیت	ظرفیت متوسط برای هر کشتی
کشتیهای بزرگ	۱۵۰	۷۷۲۵۰	۵۱۵
کشتیهای حمل‌ونقل Urcas	۴۰	۸۰۰۰	۲۰۰
واحدهای کوچک	۳۲۰	۲۵۵۰۰	۸۰
جمع	۱۵۰	۱۱۰۷۵۰	۵۱۰

نقشهٔ اسپانیاییها برای حمله به انگلستان بر این‌پایه بود که بر کانال مانش مسلط شوند و نیروی جنگی مهمی در بریتانیای کبیر پیاده کنند. در نظر بود که گروههایی که در اسپانیا سوار کشتیهای ناوگان آرمادا شده بودند و نیز لشکریانی که از اردوگاه اسپانیاییهای مستقر در هلند می‌آمدند، بخشهایی از این نیرو را تشکیل دهند.

تجهیزات مورداستفادهٔ این لشکرکشی بسیار زیاد بودند، وضعیت نخست (سانتاکروز)[1] برای آرمادا چنین در نظر گرفته شده بود:

بنابر عادات آن روزگار، برای هر ۱۰۰ بشکه ظرفیت، ۲۰ ملوان در نظر می‌گرفتند، اما به‌علت کمبود کارکنان آزموده، این رقم به ۱۵ کاهش یافت و مجموعاً کارکنان ناوگان به ۱۶۶۱۲ نفر تقلیل یافتند. یک اسکادرون از کشتیهای گالی، اسپانیایی، ناپلی و سیسیلی می‌بایست ۸۰۰۰ ملوان بیشتر داشته باشد. وانگهی شش کشتی از نوع گالئاس[2] دارای ۷۲۰۰ ملوان و ۱۸۰۰ پاروزن بودند. تعداد ۵۵۰۰۰ جنگجو و ۱۲۰۰ اسب و توپخانه‌ای شامل ۴۳۰۰ افسر و توپچی سوار بر این ناوگان بودند. ناویان و جنگجویان مجموعاً ۹۴۲۰۰ نفر غذاخور بودند و ۲۲۰۰۰ کنتال باروت و ۱۰۰۰۰ کنتال گلوله و ۱۶۰۰۰ تفنگ فتیله‌ای و ۵۸۰۰ تفنگ موسکت[3] (پیاده نظام) و ۱۰۰۰۰ سرنیزه و ... با آنها بود.

این ارقام فیلیپ دوم را متوحش ساخت و آن‌را طبق برنامهٔ دوکه دو مدینا سیدونیا[4] به شش اسکادرون کشتی، یک اسکادرون باری (اورکا)، یک اسکادرون کشتیهای سبک کاهش داد که ظرفیت آنها از ۷۰ تا ۱۰۵۰ تن متغیر بود. برنامهٔ کل بر پایهٔ ۱۳۰ کشتی با ظرفیت کلی ۵۷۸۶۸ بشکه و ۲۴۳۱ توپ و ۲۹۳۰۵ ملوان، پاروزن و سرباز بود. نیروی مقابل عبارت بود از ۱۹۷ کشتی

۱. Santa Cruz بندری در جزیرهٔ تنریفه در جزایر کاناری.

۲. galéasses کشتیهای بادبانی و پارویی که از کشتیهای گالی سنگینتر و محکمتر بودند.

3. mousquet 4. Duke de Medina Sidonia

انگلیسی با حدود ۱۶۰۰۰ نفر؛ ظرفیت کشتیها از ۴۰ تا ۱۱۰۰ بشکه تغییر می‌کرد.

جنگ‌افزار دو طرف با یکدیگر تفاوت داشتند. نبردی که در سان خوان دواولوئه[1] درگرفت، مزیت توپهای بلند کالیبر کوچک با برد زیاد را که با آنها توانستند درصد زیادی از نفرات دشمن را به‌قتل رسانند و افرازش کشتیها را نابود سازند، به انگلیسیان (هاوکینز)[2] نشان داد. انواع توپهای دو طرف نسبتهای مختلف داشت:

	توپهای کوتاه	زنبورک و ساکر[3]
روی ۱۲۴ کشتی اسپانیایی	٪۴۳٫۵	٪۵۶٫۵
روی ۱۷۲ کشتی انگلیسی	٪۵	٪۹۵

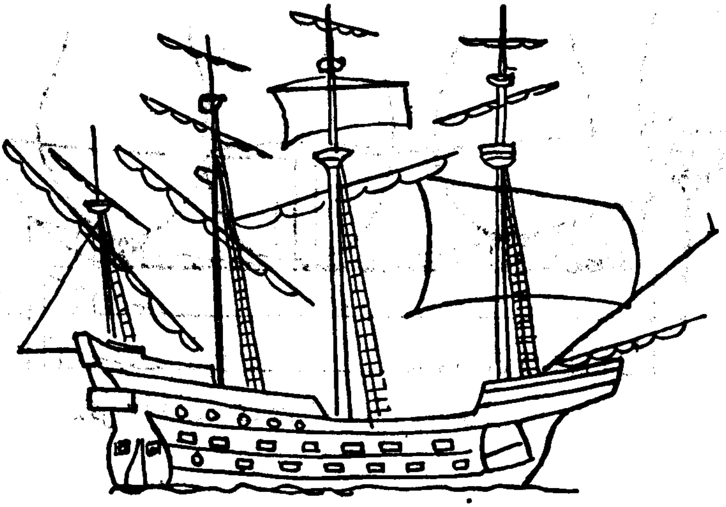
توپهای انگلیسی که خدمهٔ آموزش یافته‌تری داشتند، توانستند ناوگان اسپانیا را از دور بکوبند. خدمهٔ کشتیهای اسپانیا در اثر دوری راه و بیماری تحلیل رفته بودند. دشواری ناوگانی در فلاندر مانع اعزام سربازان اسپانیایی مستقر در اردوگاههای هلند به جبهه شد. بازگشت تأسف‌بار آرمادا و شکست دردآور آن در سواحل انگلستان نقل مجالس شد.

ناوهای انگلستان: چیزی که در مورد این حادثه از آمار مستفاد می‌شود، این است که هر دو طرف از ناوهای بزرگ برخوردار بودند. انگلستان دارای ناوهای:

ترایومف	ظرفیت	۱۱۰۰
وایت بیر	ظرفیت	۱۰۰۰
آرک رویال	ظرفیت	۸۰۰
ری‌ونج	ظرفیت	۵۰۰

ناو آرک رویال، ۳۲ توپ بزرگ و ۱۲ توپ کوچک داشت. توپهای بزرگ در عرشه‌ای که قسمت اعظم توپخانه در آنجا قرار داشت، و توپهای کوچک در عرشهٔ بالا مستقر شده بودند. در پردهٔ سوزن‌دوزی وستمینستر نیمرخی از این ناو با چهار دکل و افرازش بسیار پیشرفتهٔ آن به‌چشم می‌خورد. بادبان چهارگوش بالا و نیز بادبانهای گالنت پاشنه به دکل بزرگ، یا اصلی و دکل جلو و نیز بادبان لچکی دکل خارج پاشنه و بادبان چهارگوش پاشنه در بالای بادبان لچکی نشان داده می‌شوند. در این پرده، همچنین اطاقک پاشنه که دو طبقه و بزرگ می‌باشد، اما هنوز بخوبی جا

1. San Juan'd'ulloa 2. Hawkins 3. Saker



شکل ۱۳۲.کشتی آرک رویال (۱۵۸۸)، طبق پرده سوزن‌دوزی وستمینستر.

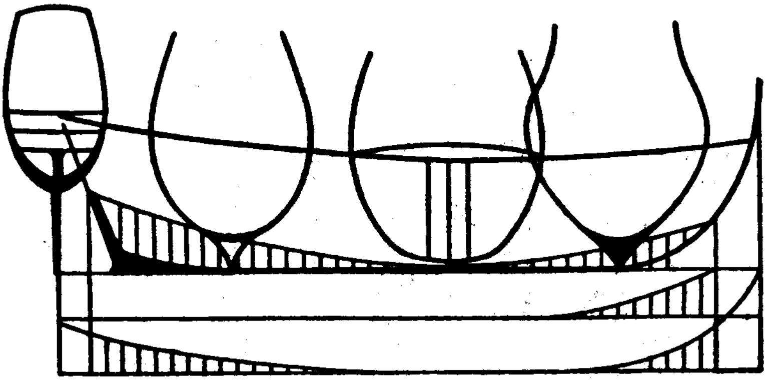
نیفتاده است، دیده می‌شود و همچنین اطاقک دماغه، که این‌بار گرچه زیاد بلند نیست، اما بسیار پیش آمده است.

سرانجام باید توجه داد که ارقامی که اسپانیاییها دربارهٔ ظرفیت خود داده‌اند، مثلاً ظرفیت سانتا آنا[1] (۱۲۰۰ بشکه)، از ناو انگلیسی ترایومف زیاد بزرگتر نیست، ناوسان سالوادور[2] که انگلیسیان آن‌را به غنیمت گرفتند، به گفتهٔ اسپانیاییها ۹۵۸ بشکه ظرفیت داشت، اما انگلیسیان ظرفیت آن را ۶۰۰ بشکه گفته‌اند. این اختلاف نظر ناشی از تفاوت واحدهای اندازه‌گیری در این دو کشور بوده است و دشواری تفسیر اسناد فنی قدیمی را نشان می‌دهد.

مشخصات کشتیها در پایان سدهٔ شانزدهم: پایان سدهٔ شانزدهم همراه با ظریف‌سازی شکل کشتیها بود: طول ستون فقرات کشتیها از ۲/۳ به ۳ و حتی ۳/۳ برابر عرض کشتی افزوده شد، این تغییر، طول قسمت شناور کشتی را ۳/۵ یا ۴ برابر عرض آن می‌کند. عمق انبار کشتی در حدود نصف عرض آن است.

نقشه‌های بعضی از کشتیهای این دوران هنوز وجود دارند. دست‌نویسی از یک کشتی‌ساز انگلیسی با نام ماتیو بیکر[3] در دست است (شکل ۱۳۳)که نشان می‌دهد در آن‌زمان یک کشتی را با یک برش طولی، برش عرضی از میانهٔ کشتی، برش سینه و یک برش از پاشنه و پاشنه مربعی

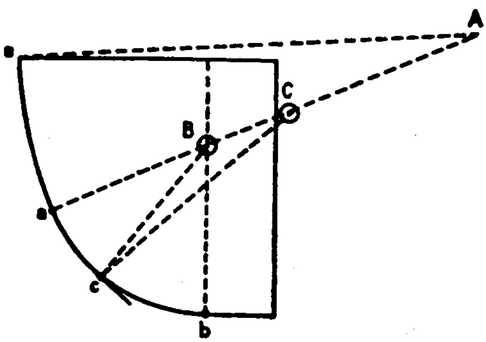
1. Santa Ana 2. San Salvador 3. Matthew Baker



شکل ۱۳۳.نقشهٔ یک کشتی (از ماتیو بیکر، اواخر سدهٔ شانزدهم).

آن مشخص می‌کردند. چنین ترسیمه‌هایی می‌توانند اندازه‌های عناصر اصلی و نیز چگونگی سوار شدن آنها روی انبارکشتی را مشخص سازند. یک نردهٔ چوبی پیوسته، رگه‌های عرضی را به یکدیگر مربوط می‌سازد.

ترسیمهٔ مقطع میانهٔ کشتی بارسم تعدادی نیمدایره تهیه می‌شد (شکل ۱۳۴).مراکزاین دایره‌ها بر روی یک خط مستقیم قرار دارند. بررسی سطحی این نقشه‌ها ما را جل متقاعد می‌سازدکه دراواخر سدهٔ شانزدهم برای رسم کشتیها به‌کارگرفتن قواعد علمی متداول شده بود. درواقع این قواعد بسیار سطحی بودند که سازندگان شیروانی از آنها استفاده می‌کردند و بار علمی آنها بیشتر ازکاربرد خمها و خطهای راست نبود. این نقشه‌ها که با روشهای بسیار ابتدایی تهیه شده بودند، هیچ‌گونه مقیاس عددی نداشتند.



شکل ۱۳۴.ترسیمهٔ مقطع میانهٔ کشتی.

تحول کشتی‌سازی در سدهٔ هفدهم

آغاز سدهٔ هفدهم همراه با تحولات مداومی در صنعت کشتی‌سازی بود، گرچه هیچ‌نوآوری اساسی پدید نیامد.

دکلها: دو دکل پاشنه با بادبانهای لچکی، دکلهای پاشنه و خارج پاشنه باقی ماندند. در انگلستان در سال ۱۶۱۸ نیمی از کشتیهای دولتی چهار دکل داشتند. در سال ۱۶۱۱ بادبان چهارگوش بالا بر روی پاشنه متداول شد و همهٔ کشتیهای انگلیس از سال ۱۶۱۸ به بعد با این نوع بادبان مجهز گردیدند.

تکامل بادبان لچکی پاشنه، سرانجام سبب از بین رفتن بادبان خارج آن شد و در سال ۱۶۴۰ دیگر هیچ‌یک از کشتیهای انگلیسی چهار بادبان نداشتند.

دوران از ۱۶۱۱ تا ۱۶۱۸ شاهد پیدایش دکل کوچک سینه بود که به‌شکل عمودی کارگذاشته می‌شد و بادبان چهارگوش کوچکی را حمل می‌کرد.این دکل پایداری لازم را نداشت و به‌هنگام بادهای سخت ایجاد نگرانی می‌کرد؛ اما با این‌حال تا سدهٔ هجدهم (۱۷۴۰) دوام آورد.

در شروع سلطنت ملکه الیزابت، دکلهای بالا (دکل سینه و دکل اصلی) ثابت بودند، زمانی‌که هاوکینز خزانه‌دار ناوگان انگلستان شد (۱۵۷۸) آنها را غیرثابت ساخت و درنتیجه در طوفانها بادبانهای آنها را پایین می‌آوردند. با شروع سدهٔ هفدهم دکلهای گالنت بالا به همین طرزگذاشته شد و با بازشدن آن به بالا، افزایش سطح آن امکانپذیر شد.

از قرن هفدهم مجموعه‌ای غنی از مدارک برای ما برجای مانده است که براساس آنها می‌توان تحولات کشتی را با جزئیات مربوط به آن تعقیب کرد. بحثی از تفاوتهای زیاد سازمان‌دهندگان کشتی‌سازان در انگلستان با فرانسه از این لحاظ جالب است.

کشتی‌سازی در انگلیس و فرانسه: در انگلستان از قدیم سازمانی دائمی و منظم برای کشتی‌سازی وجود داشته‌است و نام کشتی‌سازان معروفی، مانند ماتیو بیکر و خانوادهٔ پت[1] که پدر و پسر برای آدمیرالتی کار می‌کردند، از آن‌زمان شهرت دارند.

در فرانسه‌جنگهای مذهبی مانع از این بود که دولت برای کشتی‌سازی برنامه‌ای داشته باشد. کارگاههای کشتی‌سازی فعال بودند، اما سازمانهای کشتیرانی هنوز دارای سرویسهای دائمی و مرتبی نبودند. ریشیلیو که علاقه داشت برای تشکیل ناوگان فرانسه اقدامی به عمل آید، دستور داد که برای یافتن کارگاهی که در ساختن یک کشتی بزرگ بتوان به آن اعتماد کرد، تلاش به‌عمل آید و از آقایان ش موریو[2] و دیپوا[3] که ناو معروف کورون[4] را در لاروش

1. Pett family 2. Ch. Morieu 3. Dieppois 4. Couronne

برنارد[1] در مصب ویلن[2] ساخته بودند، دعوت به همکاری کرد. آنها همان محل را برای کارگاه توصیه کردند، زیرا به جنگلهای دوک دو روان[3] نزدیک بود و دوک چوبهای مورد نیاز را تأمین می‌کرد.

درآن زمان ابعاد کشتیها افزایش چشمگیری یافته بود. کشتی ساورین اف ذسی[4] را که در سال ۱۶۳۷ بوسیلهٔ پتر پت ساخته شد، می‌توان باکشتی کورون که در سال ۱۶۳۸ ساخته شد، مقایسه کرد:

	ساورین	کورون
طول ستون فقرات کشتی	۱۲۷′	
طول قسمت شناور کشتی	۱۷۲٫۵′ (۵۲٫۶ متر)	۵۰٫۷۰ متر
عرض کشتی	۴۶٫۵′ (۱۴٫۳ متر)	۱۴٫۹۰ متر
آب‌نشین کشتی	۱۹٫۲′ (۵٫۸۵ متر)	۵٫۵۵ متر
ظرفیت	۱۵۲۲ بشکه	
مقدار جابه‌جا کردن		۲۱۸۰ تن
سطح بادبانها	۲۲۷۰ تن	۱۵۰۳ مترمربع
نسبت سطح بادبانها به مقطع وسط کشتی		۲۴٫۷

افرازش هم تحول کمی یافته بود. دکلها سست و شکننده بودند، اما در پایان سدهٔ هفدهم و در گذر سدهٔ هجدهم وضع دکلها و افرازش بهتر شد. چنانچه به ترسیمهٔ کشتی کورون (شکل ۱۳۵) دقت شود، دیده می‌شود که اتاقک پاشنه در بدنهٔ کشتی بهتر جایگیر شده است و قسمت جلویی عرشهٔ فوقانی کوچکتر گردیده است و دماغهٔ کشتی یا آب شکاف هنوز وجود داشته است که در گذر سدهٔ هفدهم کوچک شد و تبدیل به مقر دکل خوابیده سینه کشتی شد که نوک کشتی و مجسمهٔ زینتی آن را حمل می‌کرد.

در دوران آشفتهٔ فروند[5]، امر کشتی‌سازی در فرانسه وضع بدی داشت درحالی‌که در انگلستان منظماً به پیش می‌رفت. پاشنه مربعی که از ابتدای سدهٔ هفدهم همهٔ کشتیهای انگلیسی از آن

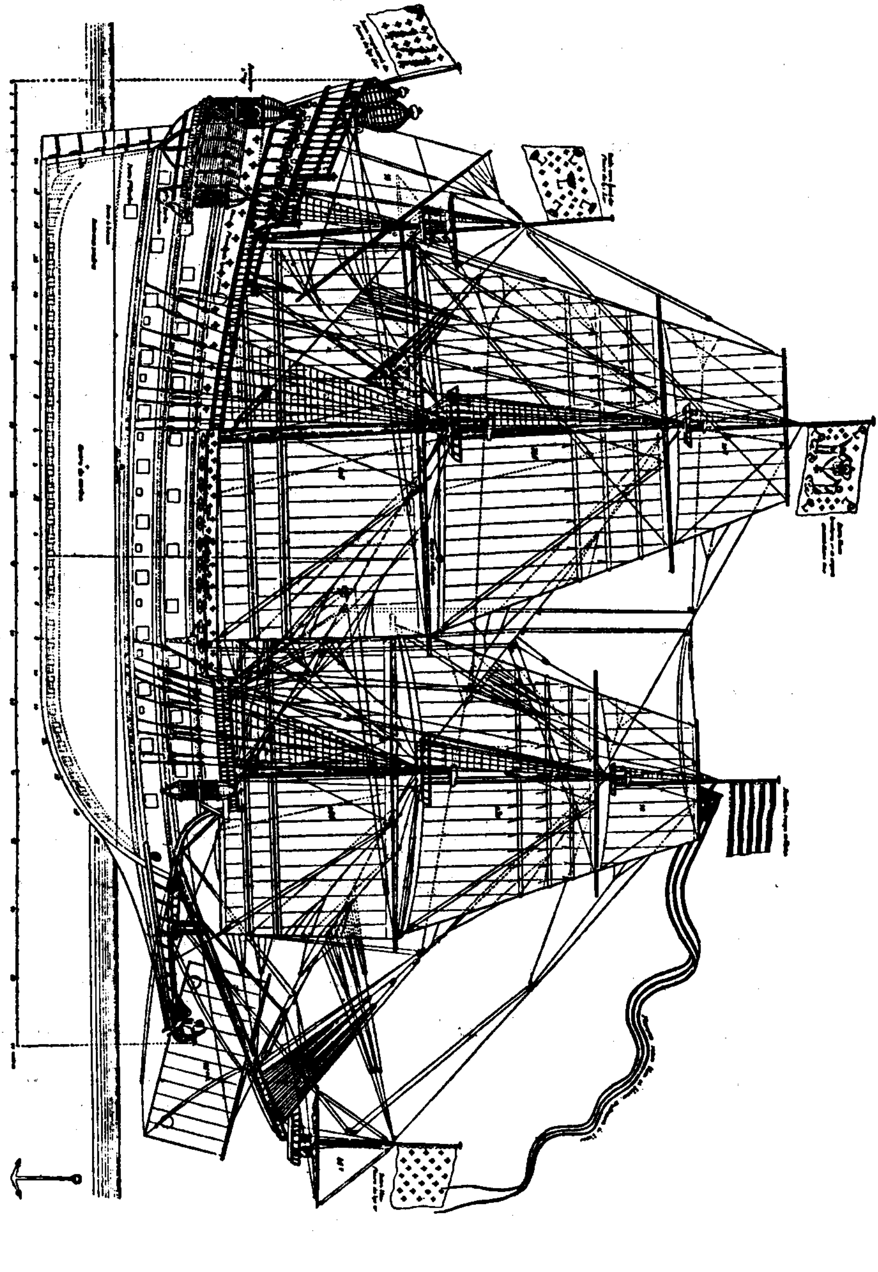
1. La Roche-Bernard

۲. La Vilaine رودخانه‌ای در برتانی شرقی، در فرانسه.

۳. due De Rohan ۱۵۷۹ـ۱۶۳۸ ژنرال فرانسوی، رئیس کالوینیست‌ها در زمان لویی سیزدهم.

4. Sovereign of the Sea

۵. Fronde آشوبهایی که در زمان صغارت لویی چهاردهم در فرانسه بر ضد حکومت مازارن و آن دتریش روی داد. این آشوبها از ۱۶۴۸ تا ۱۶۵۳ ادامه یافتند.



شکل ۱۳۵. بازسازی تقریبی کشتی کرونن.

برخوردار بودند، درکشتیهای هلندی و دیگر ممالک اروپایی تا مدتها باقی ماندند. اما در انگلستان رفته‌رفته پاشنه‌های گرد معمول شد و تخته‌های بدنه در پاشنه کشتی خمیده می‌شدند و آن‌را می‌پوشانیدند. نمونه‌ای از این پاشنه‌ها مربوط به سال ۱۶۱۷ وجود دارد. کشتی ساورین اف ذسی (۱۶۵۷) هنوز پاشنهٔ مربعی داشت، اما در سالهای ۱۶۵۴ و ۱۶۵۶ همهٔ کشتیهای انگلیسی دارای پاشنه گرد بودند.

نقشه‌های کشیها: کشتی‌سازان انگلیسی در نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم نقشه‌های بسیار دقیق و کاملی از کشتیهای ساخته شدهٔ خود و نیز خاطراتی از آنها برجای گذاشته‌اند. از میان معاصران سموئیل پپیس[۱] می‌توان از دفاتر سرآنتونی دین[۲] با عنوان *Doctrine Naval Architecture* (آیین کشتی‌سازی) سال ۱۶۷۰ نام برد که از شش ردیف کشتیهای تشکیل‌دهندهٔ ناوگان بریتانیا ارقام دقیقی داده است و نقشه‌های بادبانهای آنها را آورده است، که از آن میان از یک کشتی مربوط به ردیف سوم می‌توان نام برد که هجده مقطع عرضی با هفت پا فاصله دارد و این قدیمیترین نقشه از این نوع است که در انگلستان وجود دارد. در این نقشه خط آبخور داده نشده است، زیرا در آن زمان برای تعیین شکل کشتی، خط آبخور مورداستفاده نبود. دستنویس دیگری مربوط به نقشه‌ها، مقطعها و عرشه‌های یک کشتی ردیف اول متعلق به سال ۱۶۸۰ می‌باشد و عنوان این دستنویس: *Dummers Draught of the Body* است.

طرز ساختن کشتی در طول سدهٔ هفدهم تغییری نکرد، با این‌حال نمایهٔ بستهای ضربدری برای جلوگیری از تاب برداشتن روی پل پایینی توپخانه دیده می‌شود. اندیشهٔ به‌کار بردن بستهای خمیده (نه ضربدری) برای جلوگیری از تاب برداشتن، قبلاً در زمان سلطنت ملکهٔ الیزابت به توسط ماتیو بیکر پیشنهاد شده بود.

نقشه‌های آنتونی دین آخرین کاربرد دماغه (آبشکاف) دراز را ارائه می‌دارد؛ این دماغه از سال ۱۶۷۰ کوتاه شدند و به حالت ایستاده درآمدند تا دکل کوچک سینهٔ کشتی روی آنها قرار گیرد.

کارهای فرانسویان درکشتی‌سازی در اواخر سدهٔ هفدهم: درکشور فرانسه، نخست کلبر و سپس پسر او با عنوان مارکی دسینله[۳] کوشیدند تا عظمت ناوگان فرانسه راکه از زمان مازارن از دست رفته بود، احیا نمایند. برای این کار کوشیدند تا به تعداد کارگاههای کشتی‌سازی فرانسه بیفزایند و برای این کارگاهها افراد آزموده در این رشته را، حتی از خارج دعوت نمایند و بنابراین کارشناسانی از

---

۱. S. Pepys ۱۶۳۳ـ ۱۷۰۳ نویسندهٔ انگلیسی، مؤلف روزنامه‌ای دربارهٔ وقایع لندن بین سالهای ۱۶۶۰ـ۱۶۶۹.

2. A. Deane

۳. *marqui de Seignlay* ژان باتیست کلبر ۱۶۵۱ـ۱۶۹۰ وزیر دریاداری فرانسه.

ایتالیا، از قبیل بیاجو پانگالوس[1] (استاد بلز) را آوردند و در تولون به‌کار گماشتند، از هلند رودولف را آوردند که در روشفور[2] خدمات پرارزشی انجام داد.

با این‌همه باید گفت که تحول کشتی‌سازی فرانسه در نیمهٔ دوم سدهٔ سیزدهم انجام گرفت و این کار از دو سوی بسیار جالب به پیش رفت.

کلبر که نظر او بسیار روشن است کوشید تا بهترین نقشه‌ها و بهترین اشکال کشتی را به‌دست آورد. او می‌خواست کارهای کشتی‌سازان بندرهای مختلف فرانسه مانند: برست، روشفور، تولون و حتی خارجیها را با یکدیگر مقایسه کند؛ او می‌خواست انواع کشتیها را طبق بهترین نقشه‌ها معیارگذاری و کدبندی کند، و این کاری بود که پسر او به‌انجام رسانید.

نخست برای پشتوانه عملیات فنی تأمین اعتبار کرد: بودجهٔ ناوگان دریایی که در سال ۱۶۵۶ به ۳۱۲۰۰۰ لیور سقوط کرده بود، کلبر آن را در سال ۱۶۶۱ برای کشتیهای گالی به ۶۰۰۰۰۰ و برای کشتیهای جنگی به دو میلیون لیور ارتقاء داد.

در ۱۶۶۴ بندر برست تنها یک دهکده بود و اوبک[3]، استاد کارآزموده کشتی‌سازی در آنجا بتنهایی کار می‌کرد.

در این‌زمان ناوگان انگلیس دارای ۱۰۹ ناو جنگی و ۲۱ کشتی پر از مواد منفجره بود و مجموعاً ۴۱۹۲ توپ و ۲۱۰۰۰ ملوان داشتند؛ ناوگان هلند نیز ۱۰۳ ناو بزرگ جنگی داشت که به ۴۸۰۰ توپ و ۲۲۰۰۰ ملوان مجهز بودند.

کلبر طی سالهای ۱۶۶۰ تا ۱۶۹۰ بندر روشفور را علی‌رغم دشواریهای موجود برای ایجاد کارگاههای کشتی‌سازی و خانه‌سازی، که ناشی از گل‌آلود بودن سواحل رودخانه بود، ایجاد و گسترش داد.

طبق آیین‌نامه‌ای (۱۶۷۴) ساعات کار از هفت صبح تا شش بعدازظهر (زمستان)، پنج صبح تا هشت شب (تابستان) بود. از ساعت ۱۱ تا هنگام ظهر، کار تعطیل می‌شد تا کارگران ناهار بخورند، این مدت در تابستان به نیم‌ساعت تقلیل می‌یافت. میزان دستمزد بین ۱۵ تا ۱۸ شاهی در روز بود. ازسوی دیگر تعطیلات رسمی هم بود که در فرانسه به صد روز و در انگلستان و هلند به ۵۲ روز بالغ می‌شدند.

---

1. Biaggio Pangallo

۲. Rochefort بندری در ولایت شارانت‌ـ ماریتیم نزدیک خلیج گاسکونی، در فرانسه.

3. Hubac (q)

انواع کشتیها: برای رده‌بندی کشتیها یک «شورای ساختمان» تشکیل شد (۱۹۷۰ ـ ۱۹۷۱) تا ابعاد کشتیها را تعیین کند و مقرراتی را در این زمینه اعلام دارد (۱۶۷۳ ـ ۱۶۷۴). مثلاً یک کشتی سه عرشه‌ای ابعاد زیر را دارد: طول کشتی از نوک دماغ تا پایان پاشنه ۱۴۸ پا (۴۸٫۰۷ متر)؛ بزرگترین پهنای کشتی ۳۸ پا (۱۲٫۳۴ متر)؛ عمق کشتی ۲۲ پا و دو اینچ؛ بدین‌ترتیب نسبت طول کشتی به عرض آن ۳٫۸۹۴ می‌باشد.

رده‌بندی کشتیها سرانجام به‌شکل زیر انجام گرفت:

ردیف یکم	سه عرشه: ظرفیت ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ بشکه، ۸۰ توپ، مقدار جابه‌جایی ۲۱۰۰ تا ۲۲۵۰ تن.
ردیف دوم	سه عرشه: ظرفیت ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ بشکه، ۶۴ توپ.
ردیف سوم	دو عرشه: ظرفیت ۸۰۰ تا ۹۰۰ بشکه، ۵۰ توپ.
ردیف چهارم	دو عرشه: ظرفیت ۵۰۰ تا ۶۰۰ بشکه، ۴۰ توپ.
ردیف پنجم	دو عرشه: ظرفیت ۳۰۰ بشکه، ۳۰ توپ.

این ناوها باریکتر و دارای عمقی بیشتر از کشتی کورون بودند.

این مقررات به انواع مدلهای مصوب کشتی نیز می‌پردازد: آبراهام دوکن[1] و تورووی[2] از یک نوع کشتی ساخته شده در بندر برست، (سازنده‌های آن اوبک، پدر و پسر) و عده‌ای دیگر از کشتی ساخته شده در بندر روشفور (سازندهٔ آن استاد بلز) پشتیبانی کردند، دیگران نیز نوع کشتیهای تولون (استاد کولمب)[3] را ترجیح دادند.

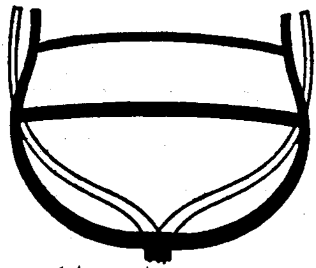
کوششهایی به‌عمل آمد تا معلوم شود: چرا انگلیسیان و هلندیها مدلهای مختلفی را پذیرفته‌اند. آقای کلبر دو ترون[4] (۱۶۱۸ـ۱۶۸۴) تفاوتهای چشمگیر را آشکار می‌سازد (شکل ۱۳۶). کشتیهای انگلیسی عمیقتر بودند و دارای شکل سه‌گوش، درحالی‌که کشتیهای هلندی دارای کف صافی بودند تا بتوانند از آبهای کم‌عمق زویدرزی بگذرند.

فرمان سال ۱۶۸۹ از افزایش ظرفیت کشتیها حکایت می‌کند. کشتیهای ردیف یکم دارای ظرفیتی بین ۱۶۰۰ تا ۲۲۰۰ بشکه بودند، یعنی ظرفیت جابه‌جایی آنها از ۳۰۰۰ تن گذشته بود. این نمونه کشتیهای فرماندهی شد که ۱۰۰ توپ مفرغی با خود داشتند و توپهای آهنی را بر روی

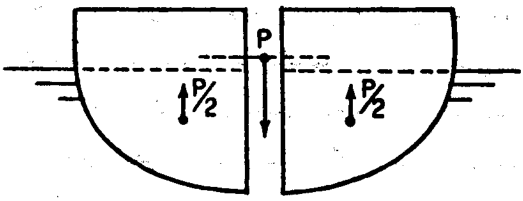
۱. Abraham Duquesne ۱۶۱۰ـ۱۶۸۸ دریانورد فرانسوی.

۲. Anne de Contentin Tourville (۱۶۴۲ـ۱۷۰۱)، مارشال فرانسوی، مدتی زیر فرماندهی دوکن خدمت کرده است.

3. Coulomb 4. Colbert duTerron



شکل۱۳۶.مقایسهٔ مقطع وسط کشتیهای انگلیسی با هلندی.



شکل۱۳۷.تئوری پایایی (از نظر پل هوسته).

کشتیهای دیگر منتقل کردند.

مباحث ریاضی کشتی‌سازی: جنبهٔ دیگری از کار کشتی‌سازی این دوران، که اهمیت بسیار دارد، دخالت‌دادن نکات و روشهای ریاضی در این صنعت است؛ این امر توجه و همکاری دانشمندان را در تکنیکهای کشتی‌سازی جلب کرد.

مسأله‌ای که ارشمیدس در مورد تعادل اجسام شناور مطرح ساخت، منجر به این شد که این دانشمند به بررسی اجسام منتظم بپردازد و در نتیجه توانست مرکز نیروی رانش بر این اجسام را به‌دست آورد. اما درحالی‌که این «اصل» قرنها کشف شده بود، مفاهیم پایایی که از اصل ارشمیدس نتیجه می‌شد، ناشناخته مانده بود. کار دانشمند سیراکوزی در سدهٔ شانزدهم فقط به توسط یک ترجمه لاتینی که به‌غلط به نیکولو تارتاگلیا (بین سالهای ۱۵۴۵ ـ ۱۵۵۵) نسبت داده شده است، ناشناخته شد.

آقای فورنیه کشیش در کتاب هیدروگرافی (تحریر اول در ۱۶۴۳ و تحریرهای دیگر در ۱۶۶۷، ۱۶۷۹) معروف خود، گشتاورهای پیچشی کشتی را با خمها و خطوط راست نشان داده است و یک طریقهٔ ریاضی برای به‌دست آوردن حجم آبخور کشتی یافته است.

چنین مطالعاتی در پایان سدهٔ هفدهم بسرعت گسترش یافت. باید بخاطر داشت که دانشمندان آن‌زمان از قبیل هویگنس، نیوتن، لایبنیتس برانگیزانندهٔ جنبشی عمومی برای کاربرد ریاضیات نوین بودند. کشیش پل هوسته[1] واعظی که شیفتهٔ ریاضیات بود، کتابهای متعدد مهمی را پشت سرهم انتشار داده است: *Traité de mathématiques* (کتاب ریاضیات) در سال ۱۶۹۲؛ و کتاب *Art des armées navales* (هنر نیروی دریایی) در سال ۱۶۹۶؛ کتاب *Théorie de la Construction des vaisseaux* (نظریه ساختمان کشتیها) در سال ۱۶۹۷. در این کتاب

1. P. Hoste

آخری آقای هوسته به بررسی پایایی و ناوش (تلوتلوخوردن کشتی) پرداخته است و با شگفتی ثابت کرده است که مرکز گرانش کشتیها بالای مرکز رانش هیدروستاتیک قرار دارد. او تلاش کرد تا ثابت کند که چرا واژگون شدن کشتی نتیجهٔ این امر نیست، و توضیح نادرستی می‌دهد. او به کمک یک استدلال ظاهراً درست (شکل ۱۳۷): فرض می‌کند که رانش هر نیمهٔ کشتی بر نیمهٔ خود تأثیر می‌گذارد و بنابراین نوعی تعادل حفظ می‌شود. این توضیح کودکانه است، اما نشانهٔ یک روحیهٔ متتبع و تمایل به استقرار استدلال علمی است.

آقای رنو الیساگاره[1] در کتاب خود با عنوان *Manoeuvre des vaisseaux* پاریس سال ۱۶۸۹ به مسألهٔ حساب آبخورها می‌پردازد و در مورد عمل بادبانها و کج‌ومعوج رفتن کشتی به محاسبه می‌نشیند. نتیجهٔ این بررسیها به مباحثات قلمی شدیدی با هویگنس، لوپیتال[2] و ژان برنویی[3] انجامید که نشر آنها توجه محافل علمی را به این مسأله جلب کرد.

در آینده خواهیم دید که حل درست بیشتر مسائل هیدرودینامیک پنجاه سال بعد به‌توسط پیر بوگر[4] ارائه شد. اما باید تذکر داد که روحیهٔ علمی در این تکنیکها در پایان سدهٔ هفدهم ایجاد شد و توجه جهان علمی به‌سوی مسائل گوناگونی که کشتی‌سازی طرح کرده بود تمرکز یافت.

جزئیات ساختمان بدنهٔ کشتی: آقای آنتونی دین در سال ۱۶۷۰ پیشنهاد کرد که برای اتصال تیرهای زیر پل کشتی به دنده‌ها از آهن استفاده شود؛ کاری که تا آن‌زمان با قطعات چوبی ستبر و گوه‌ای شکل انجام می‌گرفت. این نوآوری متأسفانه از جانب آقای سموییل پیپس پذیرفته نشد، ولیکن شاه و دوک یورک از آن استقبال کردند و قرار شد در ناو رویال جیمز به‌طور آزمایشی اجرا شود. پس از گذشت کمتر از یک سال از انجام این کار، ناو رویال جیمز در یک نبرد دریایی سوخت و نتیجه‌ای از این کار گرفته نشد. کاربرد آهن از آن پس تا زمان جنگ با ناپلئون مطرح نشد و در آن هنگام به‌علت دشواربودن تهیهٔ چوب مورد نیاز برای کشتی‌سازی، این راه‌حل مورد قبول قرار گرفت.

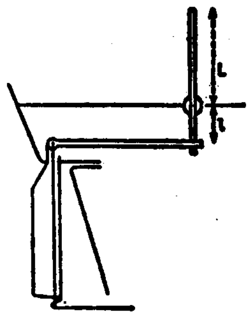
درگذشت همین سال آقای دین از جهت زره‌دار کردن بدنهٔ یک ناو ردیف چهارم، فونیکس با ورقه‌هایی از سرب نورد شده به آزمایشی دست زد، برای این کار تخته‌های بدنهٔ ناو را قبلاً با مخلوط پشم، قطران، گوگرد و پیه‌اندود کردند. سپس با لوحه‌های نازک تخته‌ای روی آن‌را پوشانیدند. هدف این حفاظت دوگانه، دفاع از بدنهٔ کشتی در برابر کرمهای مخصوص کشتی، جلبکها، صدفها بود

1. R. Elicagaray

۲. L' Hospital میشل دو ۱۵۰۵ـ۱۵۳۷ صدراعظم فرانسه در زمان کاترین دو مدیسی.

۳. J. Bernoulli ۱۶۶۷ـ۱۷۴۸ ریاضیدان سویسی، ساکن فرانسه.

۴. P. Bouguer ۱۶۹۸ـ۱۷۵۶ اخترشناس، فیزیکدان و ریاضیدان فرانسوی.



شکل ۱۳۸.فرمان‌دادن به سکان بوسیلهٔ اهرم.

که هم به بدنه آسیب می‌زنند و هم مزاحم حرکت کشتی هستند. کار زره‌دارکردن ناوها با سرب در مورد ناوهای ردیف سوم و ناوهای کوچکتر انجام گرفت، این ناوها گاهی ده سال بدون تراشیدن بدنه فعالیت داشتند.

به‌کاربردن میخها و پیچ و مهره‌های آهنی برای اتصال زره سربی منجر به فعل‌وانفعالات الکترولیزی می‌شد و قطعات آهنی را بسرعت خراب می‌کرد، بنابراین پس از مدت کوتاهی از این کار روی گردانیدند. اندیشهٔ زره‌دارکردن ناوها در پایان سدهٔ هجدهم از نوبه پیش کشیده شد.

سکان کشتی: سکان کشتی طی سده‌های شانزدهم و هفدهم به‌شکل بسیار عجیبی بود، اهرمی عمودی بود که در عرشه، در یک سطح عمود بر محور کشتی نوسان داشت (شکل ۱۳۸).این اهرم، که نیروی اعمال‌شده از سوی سکاندار را طبق رابطهٔ L/l می‌افزاید، در انتهای دستهٔ سکان اعمال نیرو می‌کند، که آن‌هم نسبت به فاصلهٔ فشار هیدرودینامیک بر قلم سکان (کمک سکان عرضی) مانند اهرم عمل می‌کند. از طریق دستکاری نسبتهای دو اهرم، می‌توان به کمک یک یا دو نفر، فشار آب را بر روی سکان متعادل ساخت.

دستهٔ سکان، میله‌ای چهارگوش است که در یک کشتی ۱۳۳ پایی باید ۲۳ پا طول داشته باشد و ستبرای محل اتصال آن به سکان، نه اینچ و سر دیگر آن شش اینچ باشد. قطعهٔ گوه‌ای‌شکلی از آهن در این سر دیده می‌شود که در یک حلقهٔ آهنی، که در قسمت پایین اهرم عمودی قرار دارد جای می‌گیرد. برای همین کشتی، طول اهرم عمودی حدود یک‌سوم پهنای کشتی یا نه پا می‌شد.

این مکانیسم جالب نقاط ضعفی هم دارد و آن محدودیت گردش دستهٔ سکان است که فقط پنج درجه از هر طرف می‌باشد. در چنین وضعی فعالیت سکان بسیار محدود بوده و تنها می‌تواند به انحرافهای کوچک از مسیر کشتی پاسخ دهد. برای تغییر مسیر ناگزیر بودند که مرکز سطح بادبان

را تغییر دهند تا بادبان کشتی رو یا پشت به باد گردد. به‌طور کلی هر تغییر در تعادل بادبان را می‌توان با دستکاری بادبان لچکی دکل پاشنه انجام داد؛ عملی که بسیار آسان است.

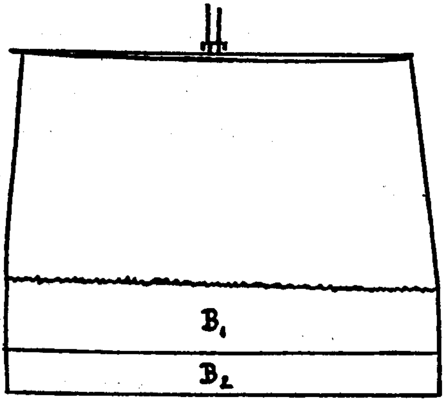
در دهۀ نخست سدۀ هجدهم، اهرم عمودی سکان جای خود را به طناب دستۀ سکان داد که دور یک بشکه می‌پیچید و روی دستۀ سکان تأثیر می‌گذاشت؛ یک چرخ دارای چند دسته بشکه را می‌گرداند و طناب را به‌دور بشکه می‌پیچانید و دستۀ سکان را به‌سوی دلخواه حرکت می‌داد. با این روش زاویه بزرگتری از نوسان و تأثیر بیشتری روی سکان ایجاد می‌شد.

بادبان: در نیمۀ دوم سدۀ هفدهم با پذیرش تدریجی بادبان مهار و بادبانهای لچکی دماغ، پیشرفت چشمگیری در کار بادبانها پدید آمد. بادبانهای مهار، سه‌گوش بودند و بین دکلها در طول کشتی قرار داده می‌شدند و بادبانهای لچکی دماغ بین دکل سینه و دکل کوچک نوک کشتی قرار می‌گرفتند و سطح بادبانها را در طول کشتی می‌افزودند. با بادبانهای لچکی دماغ آسانتر از بادبان گالنت سینه، که دکل آن عمودی و شکننده بود، موقعیت کشتی را می‌شد تصحیح کرد و بادبان مزبور در سالهای ۱۷۲۰ ـ ۱۷۴۰ جای خود را برای همیشه به بادبان لچکی داد.

در ۱۵۸۸ آقای والتر رالی[1] از بادبانهای کمکی همچون پدیدۀ تازه‌ای نام برده است، درحالی‌که طی شرحی که دوک باکینگهام از حمله به جزیرۀ ره[2] در سال ۱۶۲۷ داده است، اشاره می‌کند که این نوع بادبان هنوز در کشتیهای انگلیسی مرسوم نیست، درحالی‌که کشتیهای دونکرک که در خدمت فرانسه بودند، از چنین بادبانی استفاده می‌کنند. در سال ۱۶۹۰ بادبانهای کمکی، هم برای بادبانهای بالا و هم برای بادبانهای پایین دکلهای اصلی و سینه، منظماً به‌کار گرفته می‌شدند. بنابراین تاریخ رواج آنها با پذیرفتن سه دکل بر روی کشتی انطباق دارد. این بادبانها پارچه‌ای مستطیلی بودند که بر روی طنابهای حاشیۀ پایینی بادبان بازوی دکل دوخته می‌شدند. ارتفاع بادبان کمکی یک‌چهارم خود بادبان است و گاهی در زیر آن یک نوار مستطیلی دیگری می‌افزودند تا از نسیمهای ضعیف نیز استفاده شود (شکل ۱۳۹).برحسب شدت وزش باد، بادبان کمکی را باز می‌کردند یا می‌بستند و برای این کار می‌بایست بازوی دکل را پایین آورد، بعد آن را بالا برد.

بدین‌ترتیب بازوی دکل بارها بالا و پایین برده می‌شد؛ بنابراین باید از حلقه‌ای به دور دکل استفاده کنند. این حلقه (شکل ۱۴۰)مرکب از گویهای چوبی بود که ریسمانی از میان آنها می‌گذشت و تخته‌های نازکی ردیفهای حلقه را از یکدیگر جدا می‌کرد. زمانی‌که بادبان باز بود، حلقۀ مزبور شامل تعداد زیادی از این گویهای چوبی بود و بنابراین فشار روی دکل، یکنواخت‌تر توزیع می‌شد. ترسیمه‌ها و نقاشیهای هلندی و فلاماندی این دوره، که معمولاً در کار خود دقت دارند، بخصوص

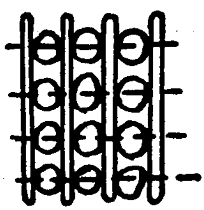
1. W. Raleigh 2. Ré



شکل ۱۳۹. بادبان کمکی (B_1) بادبان را گسترده‌تر ساخته است و نوار مستطیلی (B_2) برای استفاده از نسیم.

بروگل[1] در «سقوط ایکاروس»[2] این حلقه را به وضوح نشان داده‌اند.

از میانهٔ سدهٔ هفدهم به بعد، طنابهایی که به‌طور افقی از بادبان کمکی رد می‌شوند، رواج یافتند. با این طنابها می‌شد بادبان کمکی را روی بازوی دکل جمع کرد و آن را از بالا به پایین با چینهایی روی هم خواباند. تابلویی از وان دو ولد[3] (۱۶۷۲) از جنگ سولبه[4]، از این طنابها در بخش بالایی بادبانهای پایین و بادبان چهارگوش بالا ارائه دقیقی داده است. چیزی نگذشت که طنابهای افقی دوتا و سه‌تا شدند و در اواخر سدهٔ هجدهم تعداد آنها به چهار رسید. حرکت بادبانها بسیار متفاوت



شکل ۱۴۰. حلقه‌های دور دکل.

---

۱. Bruegel خانوادهٔ نقاش فلاماندی مرکب از پدر با نام پیتر ۱۵۲۵ـ۱۵۶۹ و دو پسر او.

۲. Icarus در اساطیر یونان، پسر ایدالوس، با بالهای ساخته پدر، درحال فرار به سمت خورشید، زیاد نزدیک شد و در نتیجه مومهای بال او آب شد و به دریا افتاد.

۳. Willem Van de Veld ۱۶۶۳ـ۱۷۰۷ نقاش هلندی.

4. Solebay

بود. متصدیان بادبان به‌جای اینکه بادبان کمکی را از روی عرشه باز کنند و ببندند، از دکل بالا می‌رفتند و روی بازوهای بادبان می‌ایستادند، آن‌گاه بادبان را به بالا کشیده و بر روی طنابهای افقی تا می‌زدند؛ بدین‌ترتیب دیگر نیازی به پایین و بالا بردن بازوی دکل نبود و بازوی دکل در جای خود ثابت می‌ماند. اهمیت حلقهٔ دور دکل کاهش یافت و بعدها بازوی دکل را ثابت کردند و با زنجیری ثابت آن را نگاهداشتند.

کشتیهای گالی: هیچ تاریخ صنعت کشتی‌سازی بدون بررسی کشتیهای گالی کامل نیست، بخصوص اینکه کشتیهای گالی در سده‌های شانزدهم و هفدهم به اوج و حضیض خود رسیدند.

در جهان باستان و نیز اوایل قرون وسطی، کشتیهای گالی بهترین وسیلهٔ نبرد بودند. در دورانهایی که کشتیهای بادبانی صرفاً تجارتی بودند، ناوهای یونانی دارای سه طبقه پاروزن (تری رم)، و درومون‌های بیزانس و گالیهای ونیز برای نبردهای دریایی ساخته می‌شدند.

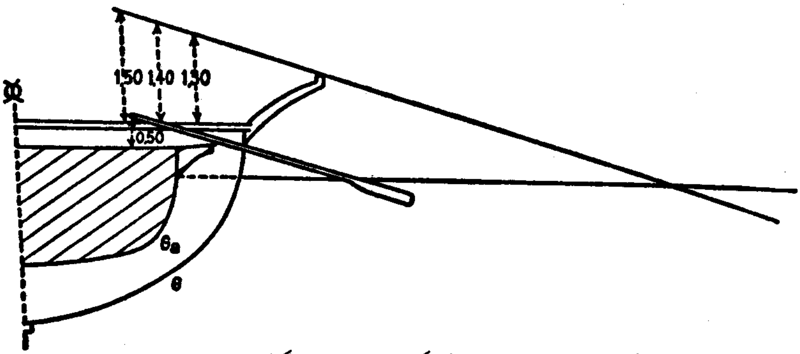
حرکت کشتیهای گالی به‌جهت باد بستگی نداشت، زیرا پاروزنها آن را به‌پیش می‌راندند و به هرسو که می‌خواستند حرکت می‌دادند. این کشتیها می‌توانستند حین جنگ مانور کنند، جنگاوران را بر عرشه خود داشته باشند و با دماغهٔ خود به کشتی گالی حریف بکوبند. کشتیهای بادبانی در برابر کشتیهای پارویی بدون دفاع بودند، زیرا آنها می‌توانستند با تعداد زیاد افراد خود بر کشتیهای بادبانی هجوم آورند و آنها را تصاحب کنند. حتی در سدهٔ پانزدهم هم، در جریان محاصرهٔ قسطنطنیه بوسیلهٔ ترکها (ماه مه ۱۴۵۲)، چندین کشتی بادبانی بزرگ مأموریت مهمات و سربازرسانی یافتند، اما یکباره در نزدیکی بندرگاه از حرکت ایستادند و مورد حمله تعدادی کشتیهای کوچک و پارویی ترک قرار گرفتند، که ناگهان بادی موافق وزید و آنها را به‌درون بندر راند و از مهلکه رهانید.

سده‌های مدیدی عدم وابستگی کشتیهای گالی به‌جهت باد، آنها را ابزار بلامنازع جنگهای دریایی ساخته بود.

تاریخ پیدایش کشتیهای گالی در اینجا مورد بررسی نیست و تنها به بازپسین دورهٔ تکاملی آن، یعنی وضع کشتیهای گالی در سدهٔ شانزدهم و افول این نوع کشتی در سدهٔ هفدهم می‌پردازیم.

کشتیهای گالی در این‌زمان بسیار بزرگتر از گالیهای جهان باستان بودند. تنها به ذکر این نکته اشاره می‌کنیم که کشتیهای آتنی تری رم نمی‌بایست ظرفیت جابه‌جایی بیش از ۹۰ تن و کشتیهای لیبورن رومی ردیف دوم ۶۰ تن را داشته باشند.

پارو و پاروزنان: این ابعاد کوچک به آنها امکان می‌داد که از پاروهای بسیار کوتاه (حدود ۴٫۲ متر)، سبک (حدود ۲۰ کیلوگرم) استفاده کنند، که یک پاروزن برای هرکدام کافی بود. در آغاز قرون وسطی



شکل ۱۴۱.مقایسهٔ مقطع گالی باستانی با گالی سدهٔ شانزدهم.

ابعاد کشتیهای گالی افزایش یافتند، این تغییر گویا تحت‌تأثیر استراتژی نیاز به اعزام مردان جنگی بیشتر، به‌وقوع پیوست. درواقع باید بخاطر داشت که کشتیهای آتنی تری رم، قادر به حمل جنگاوران کمتری (حدود ۱۰ نفر) بودند. اما اگر هم کشتیهای پارویی در آن‌زمان بزرگتر شده باشند، ما از چگونگی تحول گام‌به‌گام آنها در این راه مدرکی نداریم. درگذر سده‌های نهم تا سیزدهم گالیهای بزرگ ونیزی همچون میوه، نوعی جهش ناگهانی داشتند.

برای توضیح این پدیده، می‌بایست به‌شکل ۱۴۱،که وضعیت پاروزن را نشان می‌دهد، توجه کنیم. درگالیهای قدیمی تنها حدود یک‌سوم طول کلی پاروهای ۴٫۲ متری در میان کشتی بود، در نتیجه پارو ارتفاع زیادی را بالای نیمکتی که پاروزن نشسته بود باقی نمی‌گذاشت و برای هر رفت پارو، جای کمی برای حرکت مچ پاروزن باقی می‌ماند.

به این دو دلیل تنها یک پاروزن می‌توانست مورداستفاده قرارگیرد و این پاروزن در تمام مدت نشسته و با خم‌شدن به‌جلو و عقب، بدون اینکه جابه‌جا شود، پاروی خود را حرکت می‌داد. زمانی‌که کشتی بزرگتر بود (خط G شکل ۱۴۱) نقطهٔ اتکای پارو بسیار بالاتر از سطح آب قرار می‌گرفت، پارو طویلتر و سنگینتر؛ بنابراین یک نفر نمی‌توانست این پارو را حرکت دهد. قسمت درونی این پاروها طویلتر از قبلیها بود و بسیار بالاتر از عرشه بالا می‌رفت. پاروزن می‌بایست ایستاده کارکند و آنچنان که شکل ۱۴۱ نشان می‌دهد قوس پارو در انتهای دستهٔ آن بزرگتر می‌شود و برای شخص نشسته رسم این قوس با دست ممکن نیست. پاروزن ایستاده همهٔ بدنش را به جلو خم می‌کند سپس به عقب مایل می‌شود به‌طوری‌که روی نیمکت پشت سر خود می‌افتد و این در لحظه‌ای است که لبهٔ پارو از آب بیرون آمده است.

شکل ۱۴۱ نشان می‌دهد که طول دستهٔ پارو و ارتفاع آن نسبت به عرشه امکان می‌دهند که چند پاروزن با یک پارو عمل کنند ـ عملی که زیادی وزن پارو آن را کاملاً ناگزیر ساخته است. جا برای دو یا سه پاروزن که پهلوی یکدیگر قرار بگیرند وجود دارد. چنانچه برای کار کردن با پاروهای باز هم بزرگتر، پنج پاروزن لازم باشند سه نفر از آنها در یک سمت و دو نفر دیگر روبه‌روی آنها قرار می‌گیرند که یکطرف پارو را می‌رانند و طرف دیگر آن را می‌کشد.

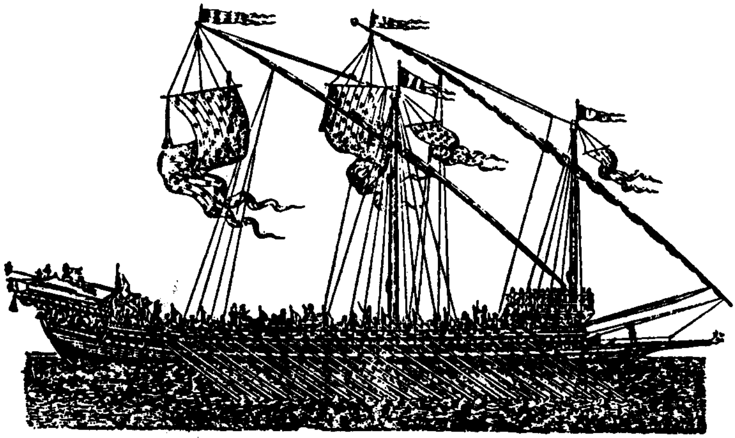
چنانچه شکل ۱۴۱ را مورد توجه قرار دهیم می‌توانیم وضع دستگاه پاروزنی و نیز چگونگی حرکت کشتیهای گالی را درک کنیم.

بدین‌ترتیب ما شاهد پیدایش پاروهایی هستیم که بوسیلهٔ چند نفر عمل می‌کنند. به نظر جووانی کاسونی در نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم ابعاد قطعات کشتی چنین بود.

ستون فقرات یا تیر حمال کشتی: ۶۰ پایی (ونیزی ۳۵۴ mm)	۲۱٫۲۴ متر
عرض کشتی در ته انبار: ۹ پا	۳٫۱۳۲ متر
عرض در ارتفاع سه‌پایی بالای ستون فقرات کشتی: ۱۶ پا	۵٫۶۷ متر
عرض در میان آن، بالای ستون فقرات کشتی: ۲۴ پا	۸٫۵ متر
عمق کشتی: ۹٫۵ پا	۳٫۳۷ متر
طول کشتی در کف آن: ۸۵ پا	۲۹٫۵۵ متر
طول کلی کشتی: ۹۰ پا	۳۱٫۳۲۰ متر
بزرگترین کشتی گالی، بر اساس مدرکی که کاسونی آورده است، ابعاد زیر را دارد	
طول کشتی: ۱۱۵ پا و سه اینچ	۴۰٫۶۰ متر
عرض کشتی: ۲۵ پا و چهار اینچ	۱۰ متر

با صد پاروزن که به دسته‌های چهار یا پنج نفری برای هر پارو تقسیم شده بودند: تعدادی که هنوز به‌نظر کم است و می‌بایست به ۱۵۰ نفر افزایش می‌یافت. گویا صد پاروزن حرفه‌ای وجود داشت و برای فعال‌سازی مجموع پاروها با به‌کار گرفتن سربازانی که بر کشتی سوار کرده بودند، این عده را تکمیل می‌کردند. مجموع ملوانان و سربازان سوار بر کشتی و نیز پاروزنها به ۱۵۰ نفر می‌رسید، درحالی‌که گالیهای یونان تعداد ۲۰۰ نفر را حمل می‌کردند.

در سدهٔ شانزدهم ۲۵۰ نفر بر کشتی گالی سوار می‌شدند، یعنی این کشتیها بزرگتر شده بودند (شکل ۱۴۲).



شکل ۱۴۲.کشتی گالی سدهٔ شانزدهم.

کشتیهای گالی در سدهٔ هفدهم: این نوع کشتی که به بزرگترین ظرفیت خود رسیده بود، مربوط به سدهٔ هفدهم است و ما از چگونگی آن اطلاع کافی داریم، زیرا مدارک و ترسیمه‌های زیادی از آن در دست است.

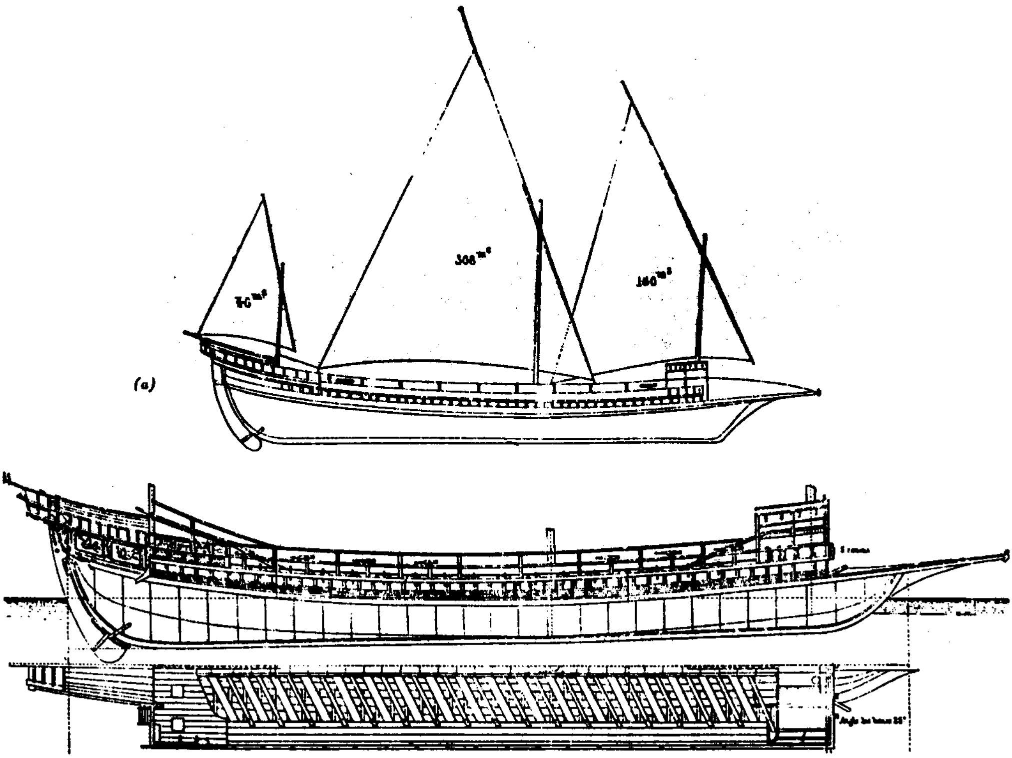
گالیهای نمونهٔ این سده، گالیهای معمولی با نامهای Capitane, Patronne بودند. نوع کاپیتان، کشتی فرماندهان اسکادران و ناوگان بود. کشتی رئال[1]، کشتی لوکسی بود که اختصاص به فرماندهان گالی داشت. از این کشتی تجملی تنها در موارد استثنایی استفاده می‌شد.

کشتی گالی معمولی را مهندسی با نام گارنیه[2] از شرکت *Association technique et maritime* در ۱۹۰۹ بخوبی بازسازی کرده است (شکل ۱۴۳).ابعاد آن چنین است:

طول	۴۶٫۷ متر
عرض	۵٫۸۵ متر
عمق (از بالای تیر حمال تا تیر زیر عرشه)	۲٫۳۳ متر
آبخور کشتی	۲٫۱۰ – ۲٫۲۰ متر
جابه‌جایی	۲۶۰ تا ۲۸۰ تن

بدنهٔ کشتی یک سطحهٔ مستطیلی داشت که ۲۶ نیمکت در یکطرف و ۲۵ نیمکت در طرف دیگر آن گذاشته بودند، محل بدون نیمکت آن در سمت چپ تنوری از گل داشت که برای پختن و

1. Réale 2. Garnier



(a)

(b)

شکل ۱۴۳.کشتی گالی سدهٔ هفدهم با نام فرم (Ferme)، آن‌طور که گارنیه رسم کرده است: a) بادبانها b) برش عمودی کشتی فرم.

گرم کردن غذا از آن استفاده می‌شد. در این‌باره ذکر این نکته شایسته است که اصطلاحات مربوط به کشتیهای گال، بسیار اختصاصی، و از آن گروه افسران اشرافی شاغل در آنهاست؛ بنابراین بسیار دربسته می‌باشد و طرز تفکر بسیار خاص آنها در اصطلاحاتی که برای کشتی گالی و حتی قطعات آن به‌کار می‌بردند، انعکاس یافته است. این لهجهٔ بسیار خاص با از بین‌رفتن این نوع کشتیها در سال ۱۷۴۸ به‌طور تقریباً کاملی ناپدید شد.

در این کشتی هریک از ۵۱ پارو بوسیلهٔ پنج نفر عمل می‌کرد. بدین‌ترتیب گروه پاروزنها به ۲۵۵ نفر بالغ می‌شد. در مورد تعداد سربازان، ملوانان و غیره، باید گفت که تعداد آنها بستگی به نوع

مأموریت گالی داشت.

در مورد اسلحهٔ مورداستفاده این کشتیها باید گفت که تنها سینهٔ این نوع کشتیها جایی برای توپخانه داشت. پنج دستگاه توپ در امتداد محور کشتی، که در خط موازی با پس‌زنی توپ بود آتش می‌کردند. توپ سنگینی که معمولاً کالیبر ۳۶ داشت، اما می‌توانست تا ۴۸ هم پیش برود، در محور کشتی استقرار یافته بود. دو توپ کوچکتر با کالیبرهای ۸ و ۶ در هرطرف آن گذاشته بودند.

درگوشه‌های سطحه توپهای کوچکی قرار داشتند که غالباً از نوع توپهای محورگرد بسیارکوچک و معمولاً دو پوندی بودند که بر روی پایهٔ لولاداری قرار داشتند. آنها را به‌چشم توپ نمی‌نگریستند و غالباً می‌شد آنها را با دست جابه‌جا کرد و بیشتر به تفنگهای استحکامات شباهت داشت تا توپ.

سربازان که بر کشتی سوار می‌شدند مجهز به تفنگهای نوع شمخال و قره‌مینا بودند، و نیز برای جنگهای تن‌به‌تن از سرنیزه و شمشیر استفاده می‌کردند.

کشتیهای گالی لپانتو: همان‌طورکه در رابطه با ناوگان بادبانی زمان آرمادا گفته شد، باید توجه شود که خصوصیات ناوگان مسیحیان در نبرد لپانتو[۱](۱۵۷۱) از نظر تعداد ناوها، توپها و ملوانان جالب است. این ناوگان مرکب بود از:

گالی	۲۰۷ فروند (شامل ۱۰۵ کشتی ونیزی و ۵۱ اسپانیایی)
کشتیهای معمولی	۳۰ فروند (۱۰ کشتی ونیزی و ۲۰ کشتی اسپانیایی)
کشتیهای گالئا	۶ فروند ونیزی

کشتیهای گالی، آن‌طورکه گفته شده است هریک پنج توپ، کشتیهای معمولی هریک ۲۷ توپ، کشتیهای اسپانیایی ۲۰ توپ وکشتیهای گالئاس هریک ۱۸ توپ داشتند. سرنشینان شامل ۴۳۵۰۰ پاروزن، ۱۲۹۲۰ ملوان و ۲۸۰۰۰ سرباز بودند که تعداد آنها مجموعاً ۸۴۴۲۰ نفر بود، که ۴۱۰۰۰ از آنها ونیزی و ۱۵۰۰۰ اسپانیایی بودند.

این ارقام نشان می‌دهند که کشتیها دارای مدلهای بسیار استانداردشده بودند. کشتیهای گالی ونیزی، اسپانیایی، پاپ و غیره عملاً از نظر ابعاد، تسلیحات و تعداد کارکنان یکسان بودند. کشتیهای گالی در این‌زمان به اوج پیشرفت خود رسیده بودند و تقریباً استاندارد شده بودند، بر خلاف انواع کشتیهای مختلفی که در ناوگان انگلیس بودند که در سال ۱۵۸۸ به ناوگان آرمادای اسپانیا حمله‌ور

۱. Lepanto این نبرد که به نام این شهر، که در مغرب یونان مرکزی واقع است شهرت یافته است، میان ناوگان متحد مسیحیان و ناوگان ترکان عثمانی درگرفت، ناوگان ترکان عثمانی بکلی از میان رفت و ۱۵۰۰۰ سرباز ترک کشته یا اسیر شدند.

شدند. این‌زمان پایان تکامل ناوگان پارویی و آغاز کشتیهای بادبانی است.

بی‌درنگ باید توجه داد که ناوگان ترکها متشکل از ۲۷۱ فروند بود که ۲۰۸ گالی و ۶۳ فروند کشتی کوچکتر بودند. کشتیهای ترک ابعاد یکسانی نداشتند و به‌طورکلی کوچکتر و بر سطح آب پایینتر بودند. بیشتر این کشتیها از نوع گالیهای ونیزی و اسپانیایی بودند و پیاده‌نظام مهیب اسپانیا که بخوبی آموزش یافته و مجهز به شمخال بود، با آتش مهلک خود ترکها را از پا درآورد.

این آخرین اظهار حیات کشتیهای گالی، خود یک جنگ بزرگ تاریخ بوده است، زیرا به‌نابودی ناوگان ترک انجامید: ۸۰ ناو غرق شدند، ۱۴۰ ناو به‌غنیمت گرفته شدند، ۳۰۰۰۰ نفر کشته، ۸۰۰۰ نفر اسیر شدند و ۱۰۰۰۰ نفر مسیحی که به‌عنوان برده در ناوها خدمت می‌کردند، آزاد گردیدند. از سوی مسیحیان هم باید گفت که ۱۲ ناو (۸ ونیزی) از دست رفت و ۷۶۰۰ نفر (۴۸۰۰ ونیزی) کشته شدند.

لیکن این آخرین نمایش پیروزمندانهٔ کشتیهای گالی در میدان نبرد بود؛ تعداد توپها بسیار محدود بود و تنها با مانور ناو می‌توانستند هدفگیری کنند. آنها پیش از اینکه دو ناو با یکدیگر گلاویز شوند، تنها یک بار شلیک می‌کردند. کشتی بادبانی درگذر سدهٔ هفدهم تکامل می‌یافت. همان‌گونه که دیده‌ایم توپخانهٔ این کشتیها افزایش یافت. کشتی با عرشه مرتفع، گالی را از صحنه بیرون راند، زیرا این ناو در آب سطح پایینی داشت. در سال ۱۶۸۴ اسکادرانی از اسپانیا شامل ۳۶ ناو گالی، کشتی بون[1] را در برابر پورتوفرایو[2] (جزیرهٔ الب) مورد حمله قرار داد. کشتی بون چندین گالی را غرق ساخت و به بقیه خسارات فراوان وارد آورد و به گریز ناچار ساخت.

کشتیهای گالئاس: برای نیرومندساختن قدرت حملهٔ ناوهای گالی، توپخانه‌های زیادتر و قویتری به آنها می‌افزودند. در این راه ناو نوع گالئاس بوسیله یک کشتی‌ساز ونیزی با نام برسانو[3] در سدهٔ شانزدهم ساخته شد. برسانو در ساخت این کشتی از ابعاد گالیهای تجارتی، که در آینده به آنها خواهیم پرداخت، الهام گرفته بود.

پلی مشابه پل یک کشتی می‌بایست در بالای پاروزنها ایجاد شود و بر روی این پل توپها را استقرار دهند. کشتیهای گالئاس رفته‌رفته به ۱۸ توپ ۴، ۶، ۱۲، ۳۶ و ۴۸ کالیبری و نیز ۳۰ توپ محورگرد دو پوندی مجهز بودند. لیکن پایایی لازم و نیز ظرفیت جابه‌جایی تنها با افزایش زیاد ابعاد گالی حاصل می‌شد:

بدین‌ترتیب ناوهایی مشابه کشتیهای بادبانی و بسیار مجهز ساخته شدند. این ناو ۴۵۰ پاروزن (۵۰ پارو، نه نفر برای هر پارو)، ۱۵۰ ملوان و ۱۲۰ سرباز حمل می‌کرد.

1. Bon 2. Portoferraio 3. Bressano

طول	۵۲ متر
عرض	۱۰٫۴۰ متر
آبخور کشتی	۴٫۳۸ متر
ظرفیت جابه‌جایی	به‌حدود ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ تن رسید.

نقص بزرگ این نوع گالی، سرعت کم آن به‌علت پارو‌های آن بود. مقایسه‌ای که غالباً درنظر گرفته نمی‌شود، میان گالیهای باستانی و این نوع گالی و گالئاس، مربوط به قدرت محرکهٔ پاروزنان است و پایین‌بودن زیاد گالئاس را القاء می‌کند.

چنانچه قدرت محرکهٔ کشتیهای پارویی را به‌تعداد پاروزنان و مقاومت بدنهٔ کشتی، که تقریباً بستگی زیادی به بزرگترین عرض مقطع کشتی دارد مربوط بدانیم، دیده می‌شود:

نوع کشتی	تعداد پاروزنها	بزرگترین عرض مقطع	نفر در مترمربع
تری رم یونانی	۱۷۷	۵ متر	۳۵٫۴
گالی سدهٔ هفدهم	۳۵۵	۱۰ متر	۲۵٫۵
گالئاس	۴۵۰	۴۵ متر	۱۰

بروشنی دیده می‌شود که کشتیهای تری رم یونانی سریعتر حرکت می‌کردند و میانگین سرعت آنها به ۵٫۲ گره دریایی می‌رسید، کشتیهای گالی سده‌های شانزدهم و هفدهم فقط ۴٫۵ گره و گالئاس تا ۲٫۵ گره دریایی سرعت داشته‌اند.

برتری پیشروی با پارو تبدیل به توهم گردید و کشتیهای نوع گالئاس تنها مزیت استحکام و تجهیزات پیشتر را داشتند، اما تقریباً بی‌حرکت و بدون قدرت مانور بودند. در لپانتو، نخستین خط ناوگان مسیحیان مرکب از شش گالئاس ونیزی بود، که در از هم پاشیدن ناوگان ترک سهیم بود و در پیشاپیش ناوگان حرکت می‌کرد؛ اما نبرد واقعی و شدید در پشت سر کشتیهای گالئاس رخ داد، بین گالیهای دارای اندازه‌های برابر که می‌توانستند در جنگ مانور کنند.

ساختمان کشتیهای گالی: کشتیهای گالی در حوض خشک ساخته می‌شدند و در ابتدا اسکلت آنها، شامل ستون فقرات کشتی، دنده‌های عرضی آن و نیز تیرهای تقویتی طولی به یکدیگر چفت می‌شدند.

تعداد دنده‌های عرضی برای ۴۷ متر طول کشتی ۱۴۲ عدد، یا سه دنده در هر متر بود و درنتیجه پهنای دنده‌ها بسیار کم (۸ سانتیمتر) بود. این دنده‌ها خمیده بودند. اصطلاحات مخصوص گالی

غالباً ریشهٔ ایتالیایی داشتند. قطعه چوبی ستبری از بالا این دنده‌ها را به یکدیگر متصل می‌ساخت و همچون کمربندی کشتی را دور می‌زد، شش حلقهٔ چوبی نیز از داخل به‌طور طولی آنها را به‌هم مربوط می‌ساختند. ستون فقرات کشتی و دنده‌های آن از چوب بلوط و حلقهٔ چوبی نیز از چوب صنوبر تهیه می‌شدند، تعداد ۷۳ تیر ستبر زیر عرشه (برای هر نیم‌متر، یک‌تیر) که ۲۵ سانتیمتر طول و ۸ سانتیمتر ضخامت داشتند، آبخور کشتی را به‌طور عرضی می‌بستند.

بدنهٔ کشتی در طول خود بدین‌ترتیب استحکام می‌یابد و این برای استحکام آن در برابر خمش لازم است، زیرا می‌توان از طرح گالیها متوجه شد که بسیار مسطح هستند و نسبت طول آنها به ارتفاع انبار (زیر عرشه) کمتر از کشتیهای بادبانی است.

لوحه‌هایی از چوب ازکمربند متصل‌کننده دنده‌ها تا ستون فقرات کشتی کوبیده می‌شد و فاصلهٔ بین دنده‌های عرضی را پر می‌کرد. در جلوی دماغه یا آبشکاف کشتی، محوری یا زبانه‌ای از چوب درخت صنوبر قرار داشت که به طول شش متر بوسیلهٔ کمانی به دماغهٔ کشتی وصل می‌شد. نواری به درازای ده‌متر، سر آن را به عرشه متصل می‌ساخت، درحالی‌که دو تخته از چوب نارون از پهلو آن را به دندهٔ عرضی و تخته‌های قسمت سینه مربوط می‌کردند.

بر روی پل کشتی دهلیزی به عرض یک متر وجود داشت که بر نیمکتها مشرف بود و رفتن از سینه به پاشنه و مانورکردن بازوهای دکل و بادبانها و یا دسترسی به کارکنانی که حرکت کشتی را فعال و تنظیم می‌کردند، ممکن می‌ساخت.

در بدنهٔ کشتی یک سطحهٔ چهارگوش بزرگ دیده می‌شد که نیمکتهای پاروزنها روی آن قرار داشتند (به‌شکل ۱۴۳ توجه کنید)، و چون طول همهٔ نیمکتها و پاروها یکی بود بنابراین بخش بیرونی پاروها در دو سر کشتی گالی بزرگتر از میان آن بود. این کشتی گالی حدود شش متر عرض داشت و کادر آن هشت متر بود و بدنه از بزرگترین مقطع عرضی یک متر پیش آمده بود. در طول کادر کشتی، برجستگیهایی دیده می‌شد که پاروها را به آن اهرم می‌کردند. این برجستگیها در کاسه‌های آهنی قرار داشتند و پاروها بوسیله طناب چتایی در جای خود محکم می‌شدند. بخشهای سایش‌پذیر این قسمت و پاروها از قطعاتی از چوبهای سخت، چوب بلوط سبز، که کمتر ساییده می‌شدند و تعویض آنها آسان بود، آستر داشتند. ساخت یک کشتی گالی، با ۷۰ کارگر، سه‌ماه وقت می‌گرفت.

سکان: دستگاه سکان در طرحهای گالی دیده می‌شود. سر آن زبانه‌ای دارد و دستهٔ آن دارای کامی که زبانه در آن جای می‌گیرد. دسته که حدود دو متر طول دارد، در محل اتصال با زبانه ۲۵ سانتیمتر عرض آن است. دستهٔ سکان معمولاً از چوب نارون است. دو طناب آن را به راست و به

چپ می‌کشند تا سکان بدلخواه متصدی آن مانور کند.

جرم تعادل: گالیها نسبتاً باریک بودند و در اثر عمل بادبان تعادل خود را از دست می‌دادند، بنابراین با گذاشتن جرمهای سنگینی در کف انبار، تعادل آن را پایدارتر می‌کردند. علاوه‌بر دو ماه آذوقه که در انبار نگاه می‌داشتند، جرمهای دیگر تعادل عبارت بودند از:

۵۰ سبد سنگ	وزن حدود ۱۵ تن
۶۲۰ گلولهٔ سنگی ۳۶ پوندی	وزن حدود ۱۱ تن
۱۴۴ گلولهٔ سنگی ۸ پوندی	وزن حدود ۰/۵ تن
۱۲۰ گلولهٔ سنگی ۶ پوندی	وزن حدود ۰/۳۲ تن

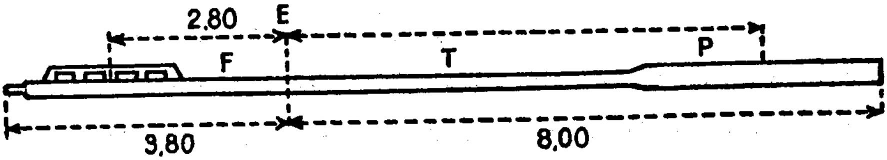
بدین‌ترتیب جمع جرم تعادل به‌حدود ۲۷ تن می‌رسید که ۱۰٪ ظرفیت جابه‌جایی آن بود.

نیمکتها و پاروها: نیمکتهای این گالی از چوب کاج بود و ۲۶ عدد در سمت راست و ۲۵ عدد در سمت چپ قرار داشتند. آشپزخانهٔ کوچک کشتی نیز در سمت چپ دیده می‌شد. گالیهای پشتیبانی که کمی بزرگتر بودند، ۲۸ و ۲۹ نیمکت و گالیهای رئال ۳۰ و ۳۱ نیمکت داشتند. پاروزنها روی این نیمکتها می‌نشستند. آنها برای فروبردن پارو در آب درحال ایستاده خود را روی این نیمکتها می‌انداختند و نیز برای فشارآوردن روی صفحهٔ پارو که در آب بود، درحال نشسته روی این نیمکتها خود را به عقب می‌کشیدند.

طول این نیمکتها ۲/۳۸ متر، عرض آنها ۱۷ سانتیمتر و ضخامت آنها ۱۴ سانتیمتر بود. روی این نیمکتها را گرده ماهی کرده بودند و با پشم و پوست گاو روی آن را پوشانیده بودند تا پوست نشیمنگاه پاروزنها خراشیده نشود. چنانکه از شکل ۱۴۳ معلوم می‌شود نیمکتها اریب کار گذاشته می‌شدند.

فاصلهٔ میانی هر دو پاشنهٔ (که جزیی از نیمکت بود) پارو از یکدیگر ۱/۲۴۵ متر بود. یک تختهٔ زیر پا در برابر نیمکت وجود داشت که برای پای پاروزنها به هنگامی که می‌ایستادند، تکیه‌گاه محسوب می‌شد. عرض این تخته ۱۴ و ضخامت آن ۸ سانتیمتر بود. رویهٔ این تخته گرده ماهی بود تا پای برهنهٔ پاروزن مجروح نگردد. بین نیمکتها، در پایین، پلهٔ کوچکی بود که ۴۶ سانتیمتر عرض و ۴ سانتیمتر ضخامت داشت و پای به زنجیر بستهٔ پاروزن روی آن قرار می‌گرفت.

پاروزنها از همان سدهٔ شانزدهم همیشه در زنجیر بودند، پای چپ آنها در پلهٔ راست و پای راست آنها در پلهٔ چپ روبه‌روی هم در زنجیر قرار داشتند چهار نفر از این پاروزنها می‌بایست دوبه‌دو جایگیر می‌شدند، پاهای آنها به‌طور متقابل در وسعتی برابر ۱/۲۴۵ متر جا داده می‌شد و



شکل ۱۴۴.دکلهای ساخته شده از چند چوب.

نفر پنجم می‌بایست روی نیمکت دراز می‌شد.

پاروها (شکل ۱۴۴)از چوب درخت آلش، چوبی محکم و انعطاف‌پذیر بود. همهٔ آنها یک طول داشتند: ۱۱٫۸۳ متر برای گالیهای معمولی، و ۱۳٫۸۳ برای گالیهای رئال و پشتیبان. بیرون از گالی ، دستهٔ پارو به طول ۸ متر، صفحهٔ پارو را که ۳ متر طول و عرض آن در سر ۱۸ سانتیمتر بود و در قسمت تیرس (tiers) به ۹ سانتیمتر می‌رسید حرکت می‌داد؛ تیرس بخش بین پاشنه و صفحهٔ پارو بود. قسمت از پاشنهٔ پارو به‌داخل کشتی را فیول می‌گفتند که قطورترین قسمت پارو بود و از فیول به طرف صفحه، قطر آن کاهش می‌یافت و از ۱۵ به ۹ سانتیمتر می‌رسید و فیول به دستگیره پارو ختم می‌شد.

سنگینی زیاد قسمت فیول پارو برای ایجاد تعادل با بخش خارجی پارو کافی نبود و برای سنگینترسازی فیول ورق سربی در فیول کارگذاشته می‌شد.

انتهای فیول را باریک می‌گرفتند تا در مشت جای گیرد، اما برای چهار پاروزن در محدوده‌ای قریب دو متر، قطر پارو برای اینکه با دست بتوان با آن کارکرد، بسیار زیاد بود. به این دومتر جا، حلقه‌ای مسطح و چوبی به نام manille میخ می‌شد که همان‌قدرکه در این مقطع پاروزن بودند، این قطعه هم سوراخ داشت.

دکلها و بادبانها: گالیهای مربوط به قرون وسطی تنها یک دکل داشتند، اما در سدهٔ شانزدهم تقریباً همهٔ آنها دو دکل داشتند: یکی دکل اصلی (arbre de mestre). و دیگری دکل سینه (arbre de trinquet) این دکلها که سر آنها چهارگوش بود تا سطح پل کشتی گرد بودند و پایینتر از پل هشت‌گوش، و بازوهای دکل را که بادبانها از آنها آویزان بود حمل می‌کردند.

شورای کشتی‌سازی در سپتامبر ۱۶۹۱ در مارسی بوسیلهٔ قائم‌مقام شاه در امرکشتیهای گالی در شهر نوای[1] فراخوانده شد. این شورا مرکب از فرماندهان اسکادران، ناخدای گالیها و سازندگان این نوع کشتی: ژ. ب. شابر[2]، لویی شابر و اوبک بود. این شورا ابعاد و تناسبهای قسمتهای گالی و

۱. Noailles شهری در ایالت اواز، در منطقهٔ بووه.

2. J. B. Chabért

نیز همهٔ قطعات کشتی، دکلها و افرازش را تعیین کرد.

دکل اصلی ۱٫۵۷ متر جلوتر از میان کشتی، و دکل سینه ۱۶ متر جلوتر از میان کشتی افراشته می‌شدند، این دکلها عمود و موازی یکدیگر قرار می‌گرفتند. بازوهای دکل دارای بادبانهای لچکی دو تکه بود. که تا حدی یکدیگر را می‌پوشاندند، این دو تکه را quart, penne می‌نامیدند. طول این دو تکه ۳۷٫۴۶ متر و عرض آنها ۳۶ سانتیمتر بود. چهار طناب قیرآلود دو قسمت را به یکدیگر متصل می‌ساخت.

اندازهٔ بادبانها بستگی به نیروی باد داشت. در نسیم ملایم دریا، دکل موقتی کوچکی (espigon) با تسمه به انتهای بازوی دکل بسته می‌شد، که طول آن برای بازوی دکل اصلی ۶٫۵ متر و برای دکل سینه ۴٫۸۷ بود، این دکلهای موقتی ۱۶ سانتیمتر عرض داشتند که درانتها تا ۱۰ سانتیمتر باریک می‌شدند.

سطح کلی بادبانهای یک گالی معمولی حدود ۵۱۸ متر مربع بود که مرکز آن ۳٫۱۲ متر جلوتر از میان کشتی و ۱۰٫۷۳ متر بالای خط آبخور آن قرار داشت.

بزرگترین بادبانی که به دکل موقتی بسته می‌شد grand marobaut (مربوط بزرگ) نام داشت؛ بااین‌همه بسته به‌فشار باد، از بادبان کوچکتر نیز استفاده می‌شد. سطح بادبان مربوط حدود ۸۰٪ سطح مربوط بزرگ بود، بادبان سینه حدود ۷۵٪ و بادبان مرسوم به voilette (روبندهٔ زنان) یا bouffette (گره‌روبان) حدود ۳۶٪ مربوط بزرگ بودند و؛ بالاخره بادبانی که از بقیه کوچکتر بود، بادبان طوفانها polacron نامیده می‌شد. بازوی دکل سینه می‌بایست یا trinquet بزرگ و یا trinquet کوچک را نگاهدارد. دو بادبان مزبور مشابه بادبان مربوط و گره روبان بودند.

سرانجام یک بادبان مربعی با نام tréou بود که سطحی برابر بادبان گره روبان داشت و می‌توانست روی بازوی دکل تا بخورد، این بادبان ۱۶٫۵۶ متر طول داشت و از دو تکه ساخته شده بود. عرض آن ۲۵ سانتیمتر در وسط بود که در انتها به ۹ میلیمتر می‌رسید. این بادبان در صورت بادهای شدید پشت سر، مورداستفاده قرار می‌گرفت.

برای مانورکردن با بادبان می‌بایست بازوی دکل را تا معبر طولی پایین آورند، بادبان دلخواه را به آن وصل کنند، سپس از نو بازوی دکل را در جای خود برافرازند.

کشتیرانی با پارو: مقررات سده‌های شانزدهم و هفدهم چهار مانور متفاوت حرکت کشتی را معرفی می‌کنند، این چهار نوع حرکت بستگی به بزرگی یا کوچکی زاویه‌ای دارد که پارو رسم می‌کند. در هیچ‌یک از این مانورها پاروزن نشسته نمی‌ماند. بزرگترین قوسی که مچ دست رسم می‌کند مربوط

به «پاروزدن با لمس کردن نیمکت» است. در این مورد پاروزن به جلو خم می‌شود و مچ دست او به نیمکتی که در برابر اوست تماس می‌یابد، سپس درحالی‌که پارو را با خود می‌کشد، خود را به عقب روی نیمکت خود می‌اندازد و به آن تکیه می‌زند.

طبق شمارشی که انجام گرفته است، تعداد ۲۶ حرکت کامل با برگشت به حالت نخست در هر دقیقه می‌تواند انجام گیرد، بشرط آنکه پاروزن حداکثر کوشش خود را به‌کار برد. اگر کار طولانی شود، این تعداد تا ۲۲ حرکت پایین می‌آید.

آقای پیر آلکساندر لوران فورفه[1] تخمین می‌زند که در دریای آرام، بهترین گروه گالی نمی‌توانست گالی را در ساعت نخست بیش از ۴/۵ گره و پس از آن ۲/۵ تا ۱/۵ گره دریایی به پیش براند. میانگین حداکثر سرعت ۴/۵ گره بود که مربوط به اعدادی است که در گذشته برای تعدادی از پاروزنهای کشتیهای گالی و گالئاس ثبت شده است و مستلزم صرف نیرویی برابر ۵ تا ۷ کیلوگرم برای هر پاروزن بوده است. این رقم پذیرفتنی است، لیکن مستلزم جابه‌جایی کامل بدن پاروزن در کمتر از سه ثانیه است که سبب می‌شود ملوانان بزودی نیرویشان به پایان رسد.

کشتیرانی با بادبان: باید درنظر گرفت که برخلاف باورهای رایج، کاربرد پارو محدود بود. پاروزدن در هوای آرام و برای مانور کردن در حین جنگ لازم بود و نمی‌توانست برای مدت زیادی ادامه داشته باشد. اما استفاده از بادها برای کشتیهای گالی امتیازات بسیار داشت. چنانچه مقطع وسط کشتی ۱۰ مترمربع بود، سطح بادبانها می‌بایست ۵۰۰ مترمربع یا ۵۰ برابر مقطع وسط کشتی باشد، درحالی‌که در کشتیهای آن‌زمان، حداکثر ۲۷ برابر دیده شده است.

این رابطه نشان می‌دهد که کشتی گالی، زمانی‌که کاملاً با بادبان مجهز باشد، می‌توانست از همهٔ نیروهای در دسترس باد استفاده کند، که مبین وجود انواع بادبانهاست که برای هر شرایط تهیه دیده شده بود.

با خصوصیاتی که در مورد گالیهای معمولی سدهٔ هفدهم داده شد، حرکت این کشتیها با باد موافق می‌بایست بهتر از حرکت بهترین کشتی نوع فرقت[2] پایان سدهٔ هجدهم انجام گیرد. حدس زده می‌شود که سرعت کشتیهای فرقت برابر نیمی از سرعت بادی بود که آن‌را حرکت می‌داد. کشتیهای گالی بادبانی می‌توانستند ۱۰ یا ۱۵٪ بیشتر از کشتیهای فرقت سرعت داشته باشند، یعنی گذشتن از سرعت بیش از ۱۰ یا ۱۲ گره دریایی برای کشتیهای گالی بادبانی کار دشواری نبود؛ سرعتی که بسیار زیادتر از سرعت کشتیهایی بود که پاروزنهای برده آنها را به‌پیش می‌راندند، وانگهی، بادبانهای لچکی به کشتیهای گالی نیرویی می‌داد که بتوانند به‌دل باد بزنند؛ آنها می‌توانستند به‌آسانی نزدیک

1. P. A. Laurent Forfait   2. frégate, frigate

به باد، کمتر از پنج چهارم (پنج برابر ′۱۵ °۱۱) به پیش روند. گالیها با باد ملایم و کمی با کمک پاروهای خود می‌توانستند یک‌چهارم دیگر هم به بستر باد نزدیکتر شوند، یعنی مسیری را دنبال کنند که با جهت باد زاویهٔ ۴۵ درجه داشته باشد.

کشتیهای گالی باوجود داشتن خصوصیات کشتیهای بادبانی و امکان مانور به‌کمک پاروهایشان، نواقص جدی نیز داشتند. درگذشته تذکر دادیم که آنها فاقد توپخانهٔ نیرومند بودند، درنتیجه در برابر ناوهای دارای پهلوی آزاد[۱] مرتفع درمی‌ماندند. پایین‌بودن پهلوی آزاد آنها مانع آن بود که با هوای طوفانی مقابله کنند. در مدیترانه که بندرت از دید ساحل فراتر می‌رفتند، همین‌که بادهای سخت وزیدن می‌گرفت، در جست‌وجوی پناهگاهی برمی‌آمدند. این کشتیها در موارد بسیار نادر وارد اقیانوس می‌شدند و اگر به چنین خطری دست می‌یازیدند، عنان کشتی را به اختیار طبیعت وا می‌گذاشتند. در حدود سدهٔ هفدهم به عللی که شرح داده شد، کشتیهای گالی از رواج افتادند.

زمانی‌که اعداد مربوط به ناوگانهای وارد در نبرد لپانتو را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم، متوجه می‌شویم که در ماه دسامبر ۱۶۷۶، صد سال پس از این نبرد، عدهٔ پاروزنها در فرانسه به ۴۷۱۰ نفر تقلیل یافته است. این واقعیتی است که کلبر قضات را تحت فشار می‌گذاشت که عده زیادی از محکومین را به‌کار در کشتیهای گالی اعزام دارند، لیکن این کشتیها دیگر ارزش این کار را نداشتند. فرمان سال ۱۷۴۸ مرگ قطعی کشتیهای گالی را در خود داشت. در سال ۱۷۹۷ لشکریان فرانسه، زمانی‌که وارد ونیز می‌شدند، تعدادی گالی بی‌سلاح و بی‌فایده را در آنجا دیدند.

گالیهای تجارتی: گرچه گالیها با داشتن تعداد زیاد ملوان و آذوقهٔ مورد نیاز آنها، از حمل تعداد زیاد مسافر و کالا ناتوان بودند، اما به‌آسانی می‌شد آنها را به کشتیهای تجارتی تبدیل کرد. درگذشته تذکر داده شد که گالیها همان‌اندازه (اگرنه بیشتر) که پاروزنی بودند، از نوع بادبانی نیز می‌توان آنها را محسوب داشت و درواقع حرکت آنها با پارو اتفاقی بود. نقش گروه ملوانان، فرعی شده‌بود و می‌توانست باز هم کم اهمیت‌تر شود و عدهٔ آنها بسیار محدود باشد. سرعت در حرکت برای گالیها، اگر جنگ نبود، اهمیتی نداشت و پاروزنها تنها برای ساعات بدون باد (زیرا ما دیدیم که گالیها می‌توانستند به‌دل باد هم بزنند) از پاروهای خود استفاده می‌کردند و همین که باد وزیدن می‌گرفت، جهت آن هرچه بود، پاروها را به کناری می‌نهادند.

با کاهش تعداد پاروزنها و نیز مقدار آذوقه و جرم و تعادل، می‌توانستند گالیهای جنگی را به کشتیهای تجارتی تبدیل کنند، و گالیهای تجارتی همین‌طور ایجاد شدند. ابعاد گالیهای تجارتی بسرعت افزایش یافت، مثلاً ابعاد یک کشتی چنین بود:

۱. فضای بین خط آبخور کشتی و تخته‌بندی پل را پهلوی آزاد می‌نامند. م.

طول کلی	۴۵/۷۵ متر
عرض	۶/۵ متر

عرض گالیها افزایش یافت؛ گالیها دیگر کشتیهای باریک نبودند و نسبت طول به عرض آنها از ۷/۵ به ۶/۶ کاهش یافته بود. چون اکنون پهلوی آزاد گالیها در رابطه با افزوده شدن عرضشان بالا رفته بود، طول پاروها ۹ متر شده بود و تنها دو یا سه مرد برای هر پارو کافی بود، نتیجهٔ این امر چیزی جز کاهش سرعت گالیها نبود.

این گالیها که در قرون وسطی و سدهٔ پانزدهم اصلاحاتی در آنها انجام گرفته بود، به ونیزیها امکان دادند که کالاهای خود را به سوریه و مصر و جزایر اطراف حمل کنند و زائران بسیاری را به سرزمین مقدس ببرند.

ونیزیها برای حمل‌ونقل و روابط سنگین تجارتی با کشورهای شمال اروپا، که متضمن عبور از اقیانوس بود، کشتیهای بادبانی متعددی در اختیار داشتند. در ناوگان لپانتو ده فروند از این کشتیها دیده می‌شوند که می‌توانستند توپخانهٔ سنگین حمل کنند. با این‌همه ونیزیها ناوگان جنگی خود را از گالیها تشکیل داده بودند. استفاده از این گالیهای دستکاری شده در مقاصد جنگی، آزمایشی بود که همان‌طورکه گفته‌ایم به شکست انجامید.

بدین‌ترتیب‌گالیهای معمولی، همچون ابزار جنگی اصلی ونیزیها باقی ماندند، و ونیزیها در پذیرفتن کشتیهای بادبانی برای جنگها، بسیار خویشتن‌دار بودند و تنها در اواخر سدهٔ هفدهم (۱۶۹۶) بود که سرانجام ونیزیها پذیرفتند، که دوران گالی به‌سر آمده است. معذلک در این دوران هنوز ناگزیر بود که یک کشتی گالی را به فرماندهی ناوگان بگمارد و هدایت ناوگان از آن کشتی به‌عمل آید.

با این‌همه برای ساختن کشتیهای بادبانی کارهایی انجام گرفت. مباحثاتی بر روی خصوصیات انواع کشتیهای مورد آزمایش درگرفت و این واقعه نباید ما را شگفت‌زده سازد، زیرا در فرانسه زمان کلبر هم، همان‌طورکه دیدیم، دربارهٔ بهترین اشکال کشتیها گفت‌وگوهای بسیار در میان بود.

اما ناکامی ونیزیها پس از پیمان پاساروویتس (۱۷۱۸) تقریباً کامل بود. ناوگان جنگی ونیز موجبات زندگی خود را از دست داد. کارگاه کشتی‌سازی ونیز در سال ۱۷۱۸ همهٔ فعالیتهای خود را متوقف کرد. ساخت کشتیهایی که در زمان این پیمان تمام نشده بودند، مدت ۵۵ سال روی چارچوب باقی ماندند. ناوگان فرانسه زمانی‌که وارد ونیز می‌شد (۱۷۹۷)، تنها شبحی از ناوگان جنگی ونیز را دید.

چوبهای مورداستفادهٔ کشتی‌سازی

تأمین مصالح ساختمانی کشتیها: چوب، طناب و غیره، همواره مشکل عمدهٔ ملتهایی بود که ناوگان آنها عنصر اصلی قدرت آنها به‌حساب می‌آمد. در نوشته‌های نویسندگان قدیمی ما با شواهد متعددی از دل‌مشغولیهای آتنیها در مورد تهیهٔ چوب برای کشتی‌سازی روبه‌رو هستیم. یونانیها نخست از جنگلهای خود استفاده کردند، اما این منبع بزودی به پایان رسید. افلاطون اشاره می‌کند که در این روزگار درختی برجای نمانده است که بتوان از آن برای سقف خانه‌ها الواری به‌دست آورد. آتنیها صادرات چوب و موم (برای بطانه‌کاری)، را ممنوع ساختند و برای وارد کردن مصالح مورداستفادهٔ کشتی‌سازی، حتی از سرزمینهای دور اقدام کردند.

کارتاژ که در محاصره بود و رابطهٔ آن با عقب کشور قطع شده بود، برای ایجاد آخرین ناوگان خود، ناچار شد خانه‌ها را خراب کند و الوارهای آنها را بیرون کشد، از درهای خانه‌ها استفاده کند و چون نخهای کنفی تمام شده بود، برای ساختن طنابها، گیسوان زنان خود را می‌برید. رومیها زمانی‌که بندرها و کارگاههای کشتی‌سازی خود را نزدیک ناپل سازمان می‌دادند، متوجه شدند که در جنگلهای اطراف، چوب به‌حد وفور یافت می‌شود. و نیز چوب خود را از دالماسی[۱] به‌دست می‌آورد و ساکنان این منطقه به‌حق یا نابه‌حق همیشه ونیزیها را شماتت می‌کردند که جنگلهای آنان را ویران و خاک را عریان ساخته‌اند.

الوار برای دکلها: شگفتی‌آور نیست که بین سده‌های شانزدهم و هفدهم ما ناظر همین دلمشغولیها در انگلستان و فرانسه هستیم؛ در این سده‌ها این دو کشور در تدارک ساختن ناوگانهای خود بودند. در انگلستان سده‌ها بود که تأمین الوار از مسائل بریتیش نیوی بود. جنگلهای انگلستان به‌آسانی چوب بلوط را که برای ساختن بدنهٔ کشتی لازم بود، تأمین می‌کردند، اما چوب مناسب برای دکل در انگلستان وجود نداشت. چوب دکل باید هم بلند و هم نرم باشد، که تنها چوبهای صنوبرهای بزرگ این خصایص را دارند و این نوع درختان در اقلیمهایی رشد می‌کنند که زمستان طولانی و تابستان کوتاه داشته باشند. همچنین انگلستان می‌توانست از نیوانگلند و کانادا این چوب را فراهم کند و برای دکلهای بالای سطحه از اوکرایین، و برای انواع کوچک از نروژ تهیه‌کند.

درختان صنوبر منطقهٔ اسکاتلند دارای الیاف زمخت و بدون نرمش کافی بودند. وجود صمغ در درختان کاج سبب می‌شود که این درختان خواص مطلوب را داشته باشند و نیز محتوی صمغی آوندهای چوب آنها، اقلیمی هستند. بهترین این درختان برای کشتی‌سازی، کاج نقره‌ای منطقه دریای بالتیک است، ولی چنانچه نوع بلند آن موردنظر باشد تنها در امریکای شمالی یافت می‌شود.

۱. Dalmatie ناحیه‌ای در یوگسلاوی در امتداد دریای آدریاتیک.

جنگلهای بالتیک که مدتها از آن استفاده می‌شد، درختانی که قطرشان بزرگتر از ۶۸ سانتیمتر باشد، کمتر داشت، درحالی‌که در جنگلهای امریکا درختان با قطر یک متر هم کم نبودند.

اطلاع بر اندازهٔ دکلها و بازوهای آنها، که در انواع کشتیهای سدهٔ هجدهم به‌کار رفته‌اند، جالب است.

ناوها

	ردیف اول (۱۲۰ توپ)		ردیف سوم (۷۴ توپ)		کشتی فرقت (۲۸ توپ)	
	قطر به متر	بلندی به متر	قطر به متر	بلندی به متر	قطر به متر	بلندی به متر
دکلِ اصلی	۱٫۰۱۶	۳۶٫۵۰	۰٫۹۱	۳۳	۰٫۵۰	۲۲
بازوی دکل اصلی	۰٫۶۳۵	۳۲	۰٫۵۸	۳۰	۰٫۳۵۶	۱۹
دکل بادبان بزرگ بالای سینه	۰٫۵۳	۲۱	۰٫۴۸	۲۰	۰٫۴۰	۱۲٫۸۰

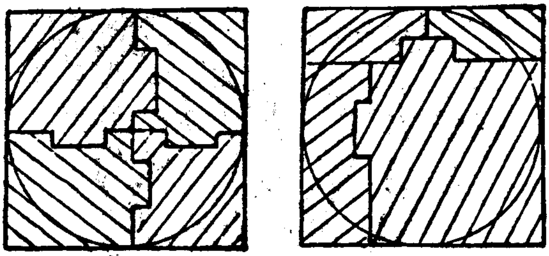
دشواری تهیهٔ چوب دکلها توجه کشتی‌سازان را به جنگلهای کشورهای تازه کشف شده، معطوف داشت. نقشه‌ای که به سال ۱۵۰۲ تعلق دارد، در مورد نیوفندلند توجه می‌دهد که «در این سرزمین چوبهای مناسب برای ساخت دکل فراوان است.» در تبلیغی که استعمارگران در مورد ویرجینیا می‌کردند، اشاره می‌شد که چوبهای امریکا می‌تواند جای چوبهای بالتیک را بگیرد.

در بخش شمالی این قارهٔ جدید، حاشیه عریضی از جنگلهای «کاج سفید» وجود دارد. نخستین استفادهٔ از این چوبها احتمالاً مربوط به سال ۱۶۲۳ است. یک کشتی باری که از نیوانگلند به دتفورد[۱] آمده بود، توجه مردم را به بزرگی ابعاد چوبهایی که وارد کرده بود، جلب کرد. نخستین جنگ هلند دست کشتی‌سازان را از بالتیک قطع کرد. از سال ۱۶۵۲ همهٔ دکلهای بریتیش نیوی از پورتسموث (نیو همپشر)، یا فلموت[۲] (پورتلند فعلی) وارد می‌شد. طبیعتاً واردات قطران، کنف و نیز چوب بلوط را نیز می‌توان به این تجارت افزود.

بدین‌ترتیب بریتیش نیوی می‌توانست نظر خود را در مورد دکلهای یک تکه، حتی با ابعاد بالا، تأمین کند. برخلاف انگلستان، کشورهای فرانسه و اسپانیا چوبهای مورد نیاز خود را از بالتیک وارد می‌کردند، اما در آنجا چوبهای کوچک یافت می‌شد و ناچار برای دکلهای بزرگ، چند قطعه چوب را روی هم سوار می‌کردند.

۱. Deptford شهری در ناحیهٔ کنت در جنوب انگلستان.

۲. Flamouth شهری در جنوب غربی انگلستان.



شکل ۱۴۵. دکلهای ساخته شده از چند چوب.

در انگلستان اقداماتی انجام گرفت تا همهٔ چوبهایی را که برای کشتیهایی که باید دارای ابعاد بیش از ۲۴ اینچ (۶۱ سانتیمتر) باشند، ذخیره کنند. کشتیهای فرانسه و اسپانیا که چوبهای باریکتری در اختیار داشتند آنها را با یکدیگر ترکیب کردند (شکل ۱۴۵ را برای انواع گوناگون اتصالات ببینید). ترکیب این چوبها بدین‌ترتیب صورت می‌گرفت که آنقدر حلقه‌های آهنی روی آنها می‌گذاشتند تا از استحکام اتصال آنها اطمینان یابند. فاصلهٔ بین حلقه‌ها معمولاً برابر قطر دکل بود.

تخته برای بدنه

بهترین و مناسبترین تخته برای بدنهٔ کشتی از چوب بلوط تهیه می‌شد و هر کشوری می‌توانست آن‌را در داخل تأمین کند. نوع *Quercus robur* بیش از بقیه به‌کار می‌رفت، این نوع از سیسیل تا نروژ و از ایرلند تا اورال می‌روید، لیکن خواص آن بسته به‌نوع خاک و اقلیم مربوطه تفاوت می‌کند. بلوط نقره‌ای امریکا *Quercus alba* نسبت به حملهٔ «پوسیدگی خشک» حساس است. این بیماری قویترین آن را در مدت کوتاهی از بین می‌برد. حساسیت این چوب در برابر حملهٔ قارچهای ریز، که این پوسیدگی را تشکیل می‌دهند، در زمانی دیده می‌شود که درخت را قطع کنند و شیره نباتی بیرون زند.

وانگهی درختانی که برای کشتی‌سازی انتخاب می‌شدند، می‌بایست یا راست و خدنگ و یا خمیده باشند، قطعات خمیده برای دنده‌ها، «زانوها» و سوارکردن تیر زیر پل به دنده‌ها به‌کار می‌رفتند. برای انتخاب درخت، چه در انگلستان و چه در فرانسه، پیاده به جنگل می‌رفتند و کشتی‌ساز شایستگی هر درخت را برای قطعه‌ای که می‌شد از آن به‌دست آورد، تذکر می‌داد (شکل ۱۴۶). برای تخته‌بندی کشتی، قطعات راست با ابعاد ۱۲ متر طول و ۷۱ سانتیمتر ستبرا مورد نیاز بود. در آغاز سدهٔ نوزدهم بدین نتیجه رسیدند که اندازهٔ کشتیهای چوبی بیشتر از حداکثر ستبرای الوارهایی که



شکل ۱۴۶.انتخاب چوب برای کشتی‌سازی.

در آن به‌کار می‌رود، نباشد.

در سدهٔ هجدهم، یک کشتی با ۷۴ توپ، به‌عنوان یک ناو جنگی بزرگ، نیاز به ۳۰۰۰ بار چوب ساختمانی داشت (بار ۵۰ پای مکعب، واحد اندازه‌گیری چوبها در انگلستان بود. وزن هر بار کمی بیش از یک تن بود). برای تهیهٔ این مقدار چوب می‌بایست ۶۰ ایکر جنگل بلوط صاف شود. در انگلستان، تقاضای فراوان الوار برای کشتی‌سازی برابر با نیاز صنایع (کورهٔ بلند) و نیز چوب لازم برای خانه‌سازی بود. در مدت تجدید ساختمان لندن پس از آتش‌سوزی بزرگ آن، که به چوب نیاز فراوان بود، این مهم با بخشندگی جنگلهای انگلستان سرانجام یافت.

در سال ۱۶۷۷ پارلمنت بودجه‌ای را تصویب کرد که به ساختن سی کشتی برای مقابله با ناوگان آمادهٔ جنگ کلبر اختصاص یافته بود. فینئاس پت[1] و آنتونی دین[2]، مشهورترین کشتی‌سازان انگلیسی، همهٔ کشور را برای یافتن چوب زیر پا گذاشتند. آنها ناگزیر پذیرفتند که الوارهای بزرگ مناسب کشتیهای ردیف اول و دوم را نمی‌توان به‌دست آورد. سی کشتی تصویب شده بالاخره ساخته شدند، اما عجله‌ای که در ساختن آنها به‌کار می‌رفت، مستلزم این بود که درختان را در فصل نابجا قطع کنند، درختان خشک نبودند و آوندهای آنها از صمغ پر بود و طی چند سال این درختان را پوسیدگی خشک از میان برد. این درختان را می‌بایست از نو کاشت و صدها سال انتظار لازم بود تا درختان مناسب به‌وجود آید.

1. Phineas Pett 2. Anthony Dean

نگاهداری از جنگلها: فرمان سال ۱۶۶۸ مقرر می‌داشت که ۱۱ هزار ایکر زمین را باید محصور کرد و در آن درختان بلوط کاشت. در سال ۱۶۹۸ مقرر شد که ۲ هزار ایکر زمین در نیوفارست، بلوط کاشته شود، و ۲۰۰ ایکر دیگر، طی ۲۰ سال آینده مورداستفاده قرار گیرد.

در فرانسه ترتیباتی داده شد تا الوار لازم برای کشتی‌سازی تأمین شود. فرمانی از فیلیپ لولون[1] (فیلیپ دراز) در سال ۱۳۱۸ که مبنای مقررات سالهای ۱۳۷۶، ۱۴۰۲ و ۱۵۱۵ شد، نشان می‌دهد که شاه در آن‌زمان تنها دو مباشر داشته است که یکی در جنگلهای شامپانی، پاریس و نورماندی برای کشتی‌سازی درخت انتخاب می‌کرد و دیگری در جنگلهای لانگدوک بدین کار می‌پرداخت. برای همه کس که «مالک جنگل، بیشه‌زار و درختان ستبری که مناسب کشتی‌سازی هستند و در حاشیه پنج لیو lieue (هر لیو حدود ۴ کیلومتر) از دریا و رودخانه‌ها قرار دارند، هرگونه فروش، قطع، صدمه‌زدن به درختان قدغن است؛ مگر با اجازهٔ صریح ملوکانه و پس از اینکه مأمور کمیسر کشتیرانی و درودگران از محل دیدن کنند.»

فرمانی که در تاریخ اوت ۱۶۶۹ صادر شد و نیز تصویبنامه‌های ۷ و ۲۸ سپتامبر سال ۱۶۹۴، همین شرایط را تأیید می‌کنند. درختان برگزیده می‌شدند، سپس چکشکاری می‌شدند یعنی با وسیله‌ای آهنی روی سطحی از آنکه بدون پوسته بود، علامت می‌گذاشتند.

مهندسان کشتی‌سازی در سدهٔ هجدهم مسؤول این کار بودند. آنها در گزارش خود نام مالک جنگل (و احیاناً کلیسا، ملک وقفی یا جنگل شاهی) را ذکر می‌کردند. درختان باید در دورهٔ کاهش ماه و پس از اول نوامبر تا ۱۵ مارس قطع شوند.

برای اینکه صمغ درخت خالی شود آن را در آب می‌انداختند و آب بتدریج جای صمغ را در آوندها می‌گرفت، سپس آن‌را در جایی‌که هوا جریان داشت، می‌گذاشتند تا خشک شود.

بدین‌ترتیب ذخیره هنگفتی از چوب تأمین شد که گاهی ده سال بعد مورداستفاده قرار می‌گرفت. چوبی که تهیه می‌شد پوسیدگی در آن راه نمی‌یافت و کشتیهایی که با چنین چوبهایی ساخته می‌شدند، عمری بس دراز، گاهی بیش از صد سال دوام می‌آوردند.

بندرها

کشتیها بیشتر وقت خود را در کالسکه‌ها یا بندرها می‌گذرانند و در آنجا مأمنی می‌جویند. نقش بندرها برای کشتیرانی بسیار اهمیت دارد و از زمانهای بسیار دور مردمان ساحل‌نشین کوشیده‌اند تا برای کشتیهای خود چنین پناهگاههایی بسازند. بدین‌منظور، فنیقیها، یونانیان و رومیها طرحهای

۱. Ph. le Long ۱۲۹۳ـ۱۳۲۲ که از سال ۱۳۱۶ پس از مرگ برادرش لویی دهم پادشاه فرانسه شد.

متعددی به‌اجرا درآوردند و جهان کنونی هم در تلاش گشودن همین مشکل است.

در فاصلهٔ سالهای ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ دو مرحله را باید از یکدیگر تشخیص داد: در سدهٔ شانزدهم، جنگها و کشمکشهای سیاسی، اجرای برنامهٔ ساختن بندرهای بزرگ را اجازه نمی‌داد، اما در سدهٔ هفدهم کوششهای پیوسته در این راه نتایج چشمگیری داشته است.

لای گرفتگی: در سدهٔ شانزدهم از پناهگاههای طبیعی، که بسیار مشهور می‌باشند و مدتها مورد استفاده بودند مانند: مارسی و لاروشل و نیز از مصب رودخانه‌ها و شطها استفاده می‌کردند. اما مصبها از ماسه وگل‌ولایی که طوفانها و جریانهایی دریایی با خود می‌آوردند پر و عمق آب آنها کم می‌شد. بندرگاهها را ماسه فرا می‌گرفت و دسترسی بدانها بس دشوار بود.

بندر هارفلور در مصب رود لزارد در خلیج سن با ماسه بکلی پر و بلااستفاده ماند، اما در یک حاشیه ساحلی که به یک مرداب منتهی می‌شد که مد فوق‌العاده راهی به بندرگشود. آبی که در پشت آن انباشته شده بود، به ناگهان به‌واسطهٔ راهی که از میان باریکه خشکی یافته بود، مفرّی یافت. این مدخل اتفاقی سبب شد که این مرداب به پناهگاهی تبدیل گردد، که بعدها نخستین حوضچهٔ لوهاور شد.

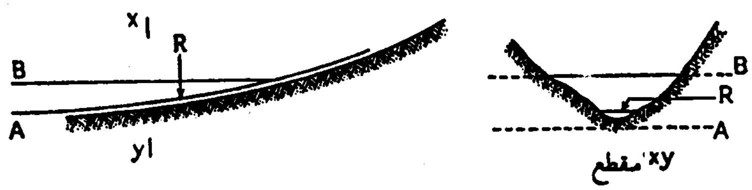
در شمال فرانسه مصبهای رودخانه‌های سوم[1]، لیان[2]، آ[3]، برای نمونه این چند رودخانه را نام بردیم، مورداستفاده بودند، گرچه گاهی گل‌ولای مزاحم پهلوگیری می‌شد. می‌بایست کانالهایی حفر، یا کانالهای موجود را تعمیر می‌کردند.

زمانی‌که آرمادای اسپانیا وارد کانال مانش شد، کشتیهای سربازبر، که در هلند در چندین جا سربازان را سوار کرده بودند، متوجه شدند که به‌علت گل‌ولای زیاد راه خروج آنها به‌مخاطره افتاده است، لازم آمد که کانالها و گذرگاهها را لایروبی کنند تا انجام هر کار دیگری از قبیل تمرکز و خروج ناوگان با اشکال روبه‌رو نشود.

خورها: در برتانی، در ساحل اسپانیا (کشور باسک آستوریاس[4] وگالیثیا[5]) خصلت خاص خورها، ایجاد پناهگاه مطمئنی برای کشتیها کرده بود. خورها دره‌هایی بودند که در دورانهای اولیهٔ جغرافیایی بوسیلهٔ جریانهای آب حفر شده بودند و بعدها دریا، که سطحش بالا آمده بود، آنها را تصاحب کرده بود. بدین‌ترتیب، دره در هر جا که آب تنکی جریان داشت، تبدیل به مصب دراز و عمیقی می‌شد که طبیعتاً پناهگاه خوبی بود، زیرا تا خود ساحل عمیق بود (شکل ۱۴۷).

بندرهای برست و پاساخفس[6] بر همین اساس ایجاد شده‌اند. برست که به برکت پنفلد[7] به‌وجود

1. Somme 2. Liane 3. Aa 4. Asturias 5. Galicia 6. Pasaxjes 7. Penfeld



شکل ۱۴۷.تشکیل خورها.

آمده است، آب عمیق و باریک دارد و ارتفاعات دو سوی بندر از دهانه آن بخوبی دفاع می‌کنند. پنفلد که یک خور واقعی است بین دو کنارهٔ شیستی با شیب تند قرار دارد، این خور بین آوان گارد[1] و آریرگارد[2] با عرض ۱۰۰ و عمق ۱۰ تا ۱۳ متر تا سه کیلومتر پیش آمده است.

خور مورله که قلعهٔ مورله از آن دفاع می‌کرد در سدهٔ شانزدهم بندر مهمی بود که در پایین دست آن کارگاههای کشتی‌سازی فعال بودند. این قلعه که در جزیره‌ای که در مدخل رودخانهٔ تورو[3] ساخته شده بود و نیز بندرهای فرعی و خلیجهای کوچک دیگر، وجودشان رهین بالاآمدن سطح دریا در سواحل دارای بریدگیهای ناشی از فرسایش بود؛ کشتی معروف کوردلیر در دوردو[4]، در همین جزیره ساخته شد.

در ۱۵۴۲ بورژواهای مورله، که غالباً مورد حملهٔ انگلیسیان قرار می‌گرفتند، برای دفاع از خود نخستین دژ را بر روی سنگهای خود ایجاد کردند. این همان دژ تورو است و مورله‌ایها در آنجا پادگانی داشتند. لوی چهاردهم در سال ۱۶۶۰ این دژ را تصاحب کرد، سباستین و وبان در سال ۱۶۸۰ یک آتشبار پایین از توپهای کالیبر بالا در پناهگاههای مسقف در آنجا استقرار داد. دژ قدیمی آنکه در ۱۶۰۹ ویران شده بود، در سال ۱۶۱۴ از نو ساخته شد. این دژ بر ایوان روی سقف پناهگاه مشرف بود و مجهز به توپهای سبک از جمله زنبورکهای قدیمی دارای هشت قاب مربوط به ارتش برتانی بود.

با این‌همه جریان آب رفته‌رفته این خور را با ماسه پر کرد و برای حفظ ژرفای آن لازم بود لایروبی شود، اما نتیجهٔ این کار، تنها برداشتن گل‌ولای بود نه گودشدن تخته‌سنگهای سخت کف‌خور، همان‌طورکه بعدها خواهیم دید، ماشینهای آن‌زمان توان این کار را نداشتند.

اندیشهٔ پویا و همیشه فعال لئوناردو برای قطع و شکستن سنگهای درون آب وسایلی طرح کرد. این طرحها در دفتر طرحهای او ماند و کاری در راه اجرای آنها انجام نگرفت و فقط زمانی‌که فلز کاربرد فراوانی در ماشین‌سازی یافت، ماشینهایی ساخته شدند که می‌توانستند حوضچه‌ها را با

1. Avant Garde 2. Arrieire Garde 3. Taureau 4. Daurdu

بریدن سنگها، مستقیم و ژرفتر سازند.

بندر بروواژ: در سدهٔ هفدهم کوشش پیوسته و روزافزون ریشلیو، که در دوران لویی چهاردهم نیز تکرار شد، در اجرای کارهای بزرگ بوده است. با اینکه توجه ریشلیو معطوف مزایای بندر برست بود، ایجاد بندر بروواژ[1] کار مورد علاقهٔ او شد. او به بندری نزدیک لاروشل نیاز داشت تا همچون پایگاه عملیاتی علیه لاروشل باشد.

بروواژ در مرکز خلیجی (اکنون پرشده) که حدود ۱۰ کیلومتر عرض آن بود، قرار داشت. در اواخر سدهٔ هفدهم تنها یک بارانداز ۴۰۰ متری از آن برجای مانده بود. کانالی که امروز ما شاهد آن هستیم تنها ۵۰ متر عرض دارد؛ بنابراین روند پر شدن آن کاملاً سریع بوده است. با این‌همه در جریان آن، خشکیهای ایجاد شده، حوضچه‌های باقی گذاردند که با رسوبهای مجاور خود، پناهگاهی برای کشتیها شد. بتدریج که خشکیهای تازه خود را نشان دادند شورابهایی پدید آمدند و صدور نمک از این منطقه در تاریخ مذکور است و طی قرون وسطی افزایش یافته است.

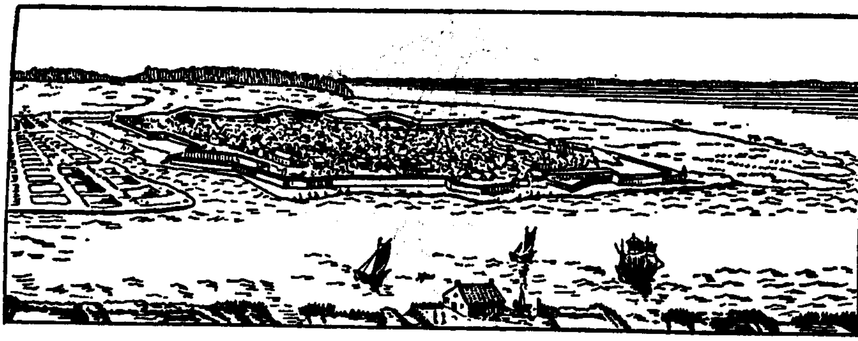
در ۱۵۵۵ ژاک دو پونس[2] در محل شهرکنونی بروواژ شهر اولیه‌ای را بناگذاشت و آن را یاکوپولیس نام نهاد. این شهر بر روی زمینهای نمک ساخته‌شد. کشتیهای بادبانی که برای بردن نمک بدین محل می‌آمدند، انبار پر از ماسه، سنگ و ریگ خود را در محل تخلیه می‌کردند و ضمناً مراقب بودند که حوضچه بسته نشود. بر روی تپه‌ای که تشکیل شده بود نخستین استحکامات از تخته، دکل و خاک ساخته شد. در اواسط سدهٔ شانزدهم بروواژ بندر مناسب کاملاً محفوظی بود، به‌طوری‌که آن را «بهترین بندر فرانسه، بویژه برای کشتیهای بزرگ» به‌شمار می‌آوردند ... «قطاری از کشتیهای انگلیسی، اسکاتلندی، فلاندری، آلمانی و ... لنگر انداخته بودند ... » J, Vige, Brouage, 1960.

شهر بروواژ کشمکشها و جنگهای مذهبی را پشت سر گذاشت و پادشاه حکومت آنجا را به فرانسوا دسپینه سن لوک[3] واگذارد و او نیز آن را به پسر خود تیمولئون[4] تحویل داد.

تیمولئون کلیسا و دیری در آنجا تأسیس کرد، اما او در سال ۱۶۲۷ جای خود را به ریشلیو واگذاشت و ریشلیو عزم کرد تا بندری بزرگ و نیز استحکاماتی در آنجا ایجاد کند، و به ساختن ناوها و ریختن توپها فرمان داد. استحکامات زیر نظر آرژانکور[5]، مهندس موردنظر ریشلیو در سالهای ۱۶۳۰ ـ ۱۶۴۰ به‌طور کامل بازسازی شد، لیکن لای‌گرفتگی بندر پیش می‌رفت. ووبان در سال ۱۶۸۵ از آنجا دیدن کرده است، لایروبی لاینقطع بندر دیگر کارساز نبود و شهر به نابودی می‌رفت. حدود سال ۱۷۶۵ ساکنان این شهر از ۴۰ نفر تجاوز نمی‌کردند.

---

1. Brouage 2. J. de Pons 3. Fr. d'Espinay Saint-Luc 4. Thimoléon 5. Argencourt



شکل ۱۴۸. منظرهٔ کلی بندر بروواژ در سدهٔ هفدهم.

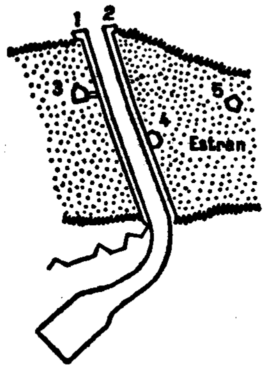
در شکل ۱۴۸ نمونهٔ این بندرها نمایش داده شده است، قلعه‌ای مستحکم که اطراف آن را شورابها فرا گرفته‌اند.

دشواریهای نگهداری بارانداز بروواژ سبب شد که کلبرومارکی دسینله کوششهای خود را متوجه روشفور و برست کردند. روشفور در کنار رودخانه و بسیار دور از دریا بود و هیچ ناوگانی را دسترس بدان نبود؛ برست که پنفلد آن را مأمنی مطمئن کرده بود، عمقی برابر دیگر خورها داشت. در هر دو بندر تعمیرگاه کشتی و قورخانه تأسیس کردند.

بندر دونکرک: در شمال فرانسه، بندر دونکرک بود که کارهای زیادی در آن انجام گرفت و سازمان آن را باید از اقدامات بسیار مهم ووبان به‌شمار آورد. دونکرک سرزمینی آبرفتی است که بخشی از آن از دریا گرفته شده است و مانند هلند، حوضچه‌ها و کانالهایی در آن ایجاد شده است.

در این ناحیه، بخصوص لازم است که راه دسترسی به حوضچه را تأمین کرد، این راه از محدودهٔ دریاهای پست و دریاهای مرتفع آزاد می‌گذرد. این کانال مخرج قدیمی رودهای ساحلی کوچکی است که زهکشی و تنظیم شده بود. جریانهای کشندی و غیره ممکن بود آن را خراب کند و می‌بایست با ساختن باراندازهای مقاوم در برابر حملات دریا آن را حفظ کنند (شکل ۱۴۹). این کارها را به‌حق جالب دانسته‌اند و تکنسین‌های سده‌های هفدهم و هجدهم، بویژه بلیدور با تحسین آنها را شرح داده است.

دونکرک که اسپانیا و فرانسه بر سر آن کشمکش داشتند و انگلیس آن را در سال ۱۶۵۶ تصرف کرد، در سال ۱۶۶۲ لویی چهاردهم آن را باز خرید. لویی تصمیم گرفته بود که از دونکرک بندری بسازد که گذشته از آن که بندر بزرگ بین مانش و دریای شمال باشد، به مستحکمترین نقطهٔ اروپا نیز تبدیل گردد. ووبان تمام این طرح را به‌عهده گرفت و برنامهٔ کارها را تنظیم کرد.



شکل ۱۴۹.کانال دونکرک، که ووبان آن را رسم کرده است: ۱ ـ ۲ ، باراندازها؛ ۳، دژ ریسبان؛ ۴، دژبلان؛ ۵، شاتو ـ گایار.

کانالی به عرض ۹۷/۵۰ متر باراندازها را به یکدیگر اتصال می‌داد و بمنظور دفاع از آن، دو دژکه با مصالح ساختمانی بنا شده بودند، در طرفین آن قرار داشتند که یکی دژ ریسبان[1] در غرب و با ۴۳ توپ بود و دیگری دژ بلان[2] در شرق آن بود. نزدیک شهر در سوی شرق، شاتو ـ گایار[3] دیده می‌شد که از چوب ساخته شده بود و در پشت بارانداز غرب، آتشبار رورس[4] استقرار داشت که از مصالح ساختمانی ساخته شده بود. این کانال، دسترسی به حوضچه را ممکن می‌ساخت و می‌توانست اسکادرانی مرکب از ۴۰ کشتی را به کمک بند عریضی در حدود ۴۲ متر شناور نگهدارد، این بند در سال ۱۶۸۶ براساس نقشه‌های آقای ووبان ساخته شد. سه دیوار مستحکم، شهر را در خود گرفته بودند، راههای آن در پناه قرار گرفته و خندقها دارای چند دربند بودند که به‌هنگام دفاع از شهر، بندها را گشوده و آب را وارد خندقها می‌کردند.

لویی چهاردهم ۳۰۰۰۰ نفر را برای کار در این طرح گماشت. در ساعت چهار صبح، با صدای توپ ده هزار مرد مسلح آماده می‌شدند و با حالت جنگی به محل کار نزدیک می‌شدند، در آنجا سلاح خود را تحویل داده و ابزار کار به‌دست می‌گرفتند. در ساعت نه صبح شلیک توپ دیگری، کار را متوقف می‌ساخت. این عده اسلحهٔ خود را گرفته با پادگان می‌رفتند. دو نوبت دیگر کار برای گروههای ده‌هزار نفری در نظر گرفته شده بود و کار تا هشت شب ادامه داشت.

ساختمان باراندازها: تصمیم گرفته شد که در دونکرک، در هر جای باریک کانال که می‌توانستند با یک ردیف آب‌بندهای شوینده عمق آن را زیادتر کنند، باراندازهایی بسازند. نخست این باراندازها

1. Risban 2. Blanc 3. Château-Gaillard 4. Revers

را به‌طریق ترکه‌بندی ساختند و پس از آنکه سرزمین مردابی پست را با گل‌کش تا حد ممکن تراز کردند، گودالهایی به عرض سه‌پا و همین اندازه عمق حفر کردند و آن را با گل خاک رس بدقت پر می‌کردند؛ بدین‌ترتیب زمین از آثار حرکات آب مصون می‌ماند.

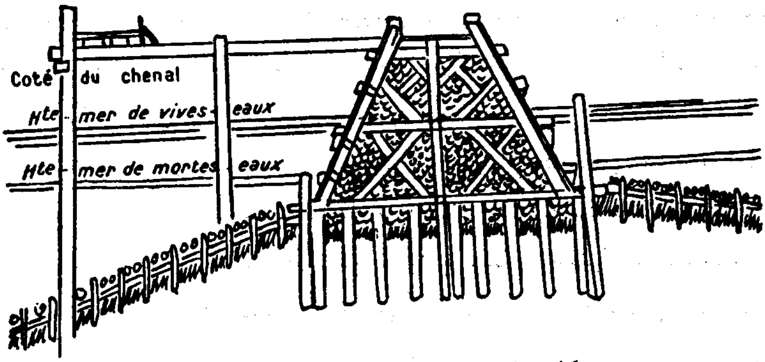
آن‌گاه دسته‌های ترکه را به‌طور چسبیده به یکدیگر تا ارتفاع یک پا می‌چیدند و با ترکه‌هایی به ارتفاع سه پا آنها را در جای خود ثابت نگاه می‌داشتند. نوک این ترکه‌ها در بالا بیرون می‌زد. با بافه‌هایی مرکب از سه ترکه نازک و طول ۱۵ تا ۱۶ پا نوکها را به‌یکدیگر می‌بافتند، به‌طوری‌که دسته‌های ترکه، بسیار فشرده نزدیک یکدیگر قرار می‌گرفتند. بدین‌ترتیب لایه‌هایی از ترکه‌ها روی‌هم قرار می‌گرفت. سطح شیبداری را که ایجاد شده بود با الوارهایی به ضخامت ۴ اینچ به‌طوری می‌پوشانیدند که به‌شکل پنجره‌ای با چهارگوشهایی با ابعاد چهار پا درآید (در این زمان اینچ ۲۷ میلیمتر و پا ۳۲۵ میلیمتر بود) همهٔ آنها به‌کمک تیرهایی که در گوشه‌های آن کوبیده می‌شد، در جای خود محکم می‌کردند. توری تشکیل شده را با سنگهای بزرگ گوشه‌دار پر می‌کردند و با تخماق چوبی آن را فشرده می‌ساختند.

تجربهٔ چنین باراندازهایی نشان داد که در منطقهٔ اوستاند[1]، قالبها و دیگر پوسته‌ها به سطح چسبیده شده بودند و در حمایت از تمام کار در برابر برگشتهای شدید امواج مؤثر بوده‌اند، بنابراین برداشتن آنها ممنوع اعلام شده بود.

اما این باراندازها را تنها می‌توان موقتی و غیراساسی دانست. حدود بیست سال پس از ساختمان این طرحهای اولیه، ووبان نحوهٔ ساخت باراندازها را به‌سوی ساختمانهای دارای صندوقه‌های چوبی سوق داد. سطح شیبدار دسته‌های ترکه در عمقی برابر سه پا پایینتر از ارتفاع آب در پایینترین جزر تراز شد، و بدین‌ترتیب امکان کار پیوسته ایجاد گردید و ارتفاع آب نمی‌توانست کار را متوقف سازد. بنابراین پایه این ترکه‌کاریها که اینک با شن و گل‌آلوده شده بودند، حفظ شد. بعداً روی این پی، چوب‌بستها را کارگذاشتند (شکل ۱۵۰).این چوب‌بستها با یکدیگر هشت پا فاصله داشتند و اطراف آنها را تخته‌بندی کردند تا نوعی صندوقه به‌وجود آید. در این صندوقه، تخته‌سنگها و قلوه‌سنگها گذارده می‌شد و جاهای خالی را با سنگهای لاشه، بدقت پر می‌کردند.

برای اینکه بارانداز در داخل دریا پیشتر از سطح ترکه‌ای ادامه یابد، تیرهایی در دریا می‌کوبیدند که این تیرها نیز سه پا پایینتر از ارتفاع آب در پایینترین جزر کوبیده می‌شد. فضای بین ته و سر تیرها را با سنگ پر می‌کردند و این پی را از هر سو با شیبهای تدریجی توسعه می‌دادند. الوارها را می‌گذاردند سپس تخته‌گذاری می‌شد، و در پایان صندوقه را پر می‌کردند. بدین‌ترتیب باراندازها برای

۱. Ostende بندری در کنار دریای شمال در ایالت فلاندر غربی در شمال بلژیک.



شکل ۱۵۰.بارانداز دونکرک با صندوقه‌های چوبی.

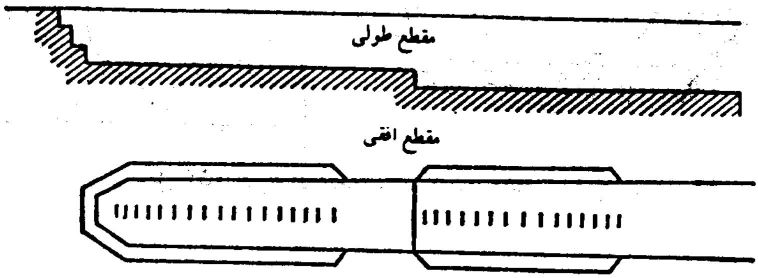
بیش از هزار تواز نصب می‌شد و نگاهدار مطمئن کانال بود.

اما کاربرد زیاد چوب درآن، کار را وابستهٔ لطف چهارپایان خرابکار می‌ساخت، و در سدهٔ هجدهم باراندازها را با کاربرد همه‌جانبهٔ مصالح بنّایی با نمایی از سنگهای تراشیده می‌ساختند.

روشهای ساختن حوضچه تعمیر کشتی و آبگیر: برای تعمیر کشتیها، یا کارهای سادهٔ تراشیدن و رنگ‌زدن بدنهٔ کشتی، در ابتدا چاره‌ای جز کشیدن کشتی به خشکی نداشتند، یا اینکه آنها را بر شیبی به بالا می‌کشیدند. در مورد کشتیهای سبک با ارتفاع کم و جثهٔ کوچک، مثلاً نوع گالیهای باستانی، کشیدن آنها بر سطح شیبدار دشوار نبود، اما کشتیهای سنگین دارای آب‌نشین بلند، نیازمند شیبهای مجهز به چرخ و طناب بودند. با کمک چندین چرخ و طناب میله‌دار، که هر یک را چندین نفر می‌گردانیدند، می‌توانستند کشتیهای تقریباً بزرگ را روی شیب به بالا بکشند. این، کاری ظریف و خطرناک بود، زیرا یک چرخش معکوس چرخ و طناب کافی بود که مردانی را که به میله‌ها بسته شده بودند، درهم خرد کنند.

هرگاه کشتی بزرگ بود، ناچار آن را به داخل آبگیری می‌کشیدند که می‌شد با زدن زیر آب، آن را خشک ساخت. این آبگیر را تعمیرگاه خشک می‌نامیدند و در بسیاری از بندرهای سدهٔ هفدهم چنین تعمیرگاههایی ساخته شدند.

در یک بندر کشندی، ساختن تعمیرگاه خشک و استفادهٔ از آن نسبتاً آسان بود؛ تنها چیز لازم، این بود که طرف عمیق و کف‌بند یا پوشش ضدآب، بالاتر از ارتفاع پایینترین جزر باشد؛ بدین‌ترتیب می‌دانستند به‌هنگام پایینترین جزر دریا تعمیرگاه خشک را بسازند. کشتی به‌هنگام مد وارد تعمیرگاه می‌شد، در مدت جزر دریا آب تعمیرگاه خالی می‌گردید. مدخل تعمیرگاه با دریچه‌های دولته‌ای



شکل ۱۵۱.تعمیرگاه خشک روشفور؛ برش طولی، نقشهٔ معماری.

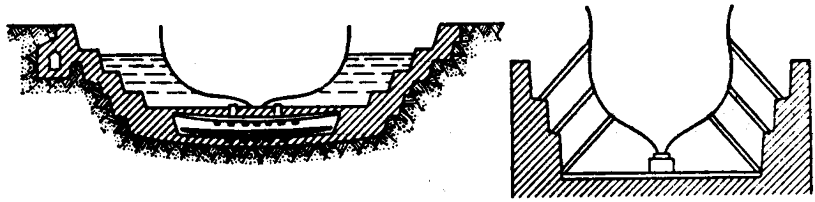
محدب بسته می‌شد و آب دریا به‌هنگام مد نمی‌توانست از نو وارد تعمیرگاه شود.

آبگیرهای روشفور به ترتیبی که گفته شد، ساخته شدند، اما این آبگیرها دارای دو قسمت پشت سرهم بودند، مدخل این آبگیرها در قسمت عمیقتر باز می‌شد و کشتی از این قسمت وارد قسمت دوم می‌گردید که عمق کمتر داشت (شکل ۱۵۱).قسمت نخست می‌توانست کشتیهای ردیف اول را بپذیرد، اما قسمت دوم از کشتیهای ردیف دوم و سوم پذیرایی می‌کرد. تفاوت عمق آبگیر نخست با دومی حدود هفت پا بود. فکر می‌کردند که در شکل بالا، آبهایی که وارد آبگیر می‌شود، طبیعتاً وارد قسمت گودتر خواهد شد و مزاحم کار در قسمت دیگر نخواهد بود.

با این‌همه و باوجود ماشینهای آبکشی، که شرحی از آنها بعدها داده خواهد شد، معلوم شد که لایهٔ کف‌بند قسمت عمیق خیلی پایین است. این لایه در سطحی بسیار پایینتر از ارتفاع پایینترین جزر قرار داشت و با جریان طبیعی مد تخلیه نمی‌شد. ناچار در سال ۱۷۲۰ عمق آن را با مصالح بنّایی پر کردند تا سطح کف بند بالا آید.

برای اولین بار در روشفور، آبگیر را در محوطه‌ای از زمین آبرفتی ساختند. در عمق آن مقداری مصالح بنّایی کارگذاشته شد و سازندگان آبگیر به لایهٔ محکم و آب‌ناپذیری برخوردند و مصالح لازم برای کف‌بند را بر روی آن قرار دادند.

در برست نوع دیگری از ساختمان لازم آمد. درگذشته در مورد طبیعت زمین پنفلد و خصوصیت خوربودن آن صحبت شد؛ خورهای دیگری به خور پنفلد ریخته می‌شد که این خورها نیز مانند پنفلد، کانالهایی را به‌وجود آورده بودند. از مرتفعترین نقطهٔ برست (۶۵٫۵ متر) دره‌هایی به‌طور شعاعی در جهت غرب و جنوب غربی، به‌سوی لایه‌هایی از میکاشیست ادامه می‌یافتند. درهٔ نخست، از ساحل برست، کنار چپ پنفلد، درهٔ ویلنوو بود که تا نزدیک بند آرسنال پیش می‌آمد.



شکل ۱۵۲.چپ، حوضچهٔ روشفور؛ راست، حوضچهٔ برست.

این پیچ‌وخمها در زیر سطح آب دریا ادامه می‌یافت و محلی را به‌وجود آورده بود که بدون بیرون آوردن صخره‌ها از زیر آب، کاری که در سدهٔ هفدهم بسیار دشوار بود، می‌توانستند حوضچهٔ تعمیر را بسازند. با کف‌انداختن صخره با مصالح بنّایی می‌توانستند حوضچه‌ای با عمق کافی به‌دست آورند، بدون اینکه قبلاً آن را کف‌بندی کرده باشند.

باوجود این مزیت چشمگیر (زیرا با بالانیاوردن کف، در مصرف مصالح بنّایی صرفه‌جویی می‌شد)، فقدان شکل مناسب حوضچه، مانع توسعهٔ آن شد. شکل ۱۵۲نشان می‌دهد که در مقایسه مقطعهای حوضچه‌های برست و روشفور با مقیاس واحد، معلوم می‌شود که روشفور گرچه به‌علت داشتن عرض زیاد نامناسب است، اما حوضچه برست هم خیلی عمق دارد و ناراحتیهای انجام‌دادن کار در آن زیادتر از روشفور می‌باشد.

نقص این حوضچه این است که کف آن تقریباً در سطح پایینترین جزر اعتدالین است. آبی که از شیبهای زمین اطراف، چشمه‌ها، باران یا از دریا (از طریق بندر) وارد آن می‌شود، به‌هنگام جزر (به استثنای اعتدالین) نمی‌تواند با جریان طبیعی از آن تخلیه شود و برای خشک نگاهداشتن آن می‌بایست از ماشینهایی استفاده کرد که چندین اسب آنها را حرکت می‌دهند، کاری که بسیار پرهزینه است.

چنانچه کف حوضچه را ۱۶ سانتیمتر از سطح آب جزر در پایینترین سطح جزر و مد بالاتر می‌آوردند، این ناراحتی برطرف می‌شد. آنها می‌بایست یک حاشیه ۱۷ پایی هم برای به شن‌نشستن کشتی درنظر می‌گرفتند، زیرا ارتفاع مد در برست معمولاً ۲۰ پا می‌باشد.

آنها پذیرفته بودند که طول حوضچه‌ها بین کف (لبه بالایی) و دریچه باید ۱۹۰ پا (۶۱٫۷۵ متر) باشد، تا اینکه کشتیهای ردیف اول بتوانند در آنها وارد شوند. حوضچهٔ برست که ۲۴۰ پا طول داشت بسیار دراز می‌نمود و ساختمان آن نیاز به هزینهٔ زیاد داشت و به‌هنگام کار نیز می‌بایست مقدار زیادی آب را خالی کنند. از نظر پهنا نیز برآورد شده بود که برای این حوضچه ۴۸ پا کافی

است که با اضافه‌کردن تورفتگیهای پشته‌ها (که ۳ تا ۵ پا بود) از ۵۱ پا می‌گذشت؛ یعنی حوضچه در تراز خاک دستی مسطح ۷۸ پا (۴۵٫۳۵ متر) پهنا داشت.

بندرها و حوضچه‌های مدیترانه: مارسی: در دریای مدیترانه دشواریها چه از نظر بندر و چه از لحاظ حوضچه تعمیرگاه، به‌طور کامل چهره‌ای دیگر داشتند. درواقع سطح آب همیشه تقریباً ثابت بود. بریدگیهای طبیعی منطقهٔ لاسیدون[1] در مارسی از دوران باستان به‌عنوان بندر مورداستفاده بودند. عمق آنها گرچه متوسط بود، اما تغییر نمی‌یافت. برای اینکه این به‌اصطلاح بندر، مناسب گردد، تنها کافی بود که برای پهلوگیری کشتیهای دارای ارتفاع متوسط یا کم، اسکله‌ای در آن ساخته شود و کشتیهای بزرگتر می‌بایست در حوضچه، که عمیقتر بود، بمانند.

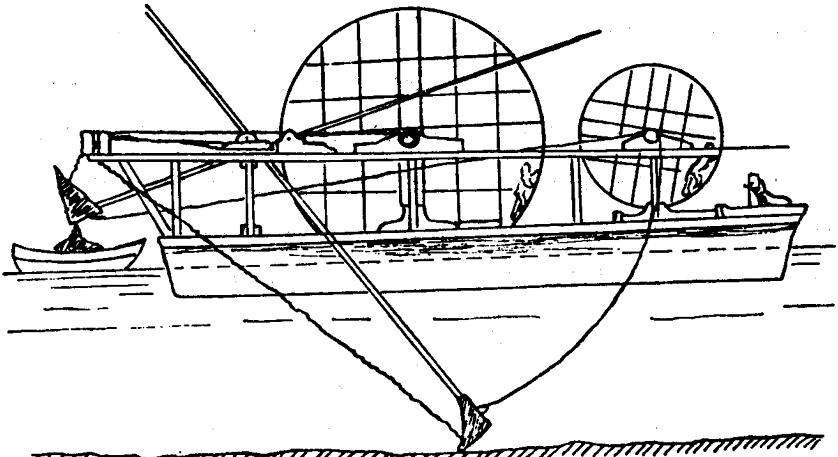
نخستین اسکله در آغاز سدهٔ شانزدهم در کنار آن ساخته شد، نیاز به اسکله در پایان سدهٔ پانزدهم احساس شده بود، زیرا کشتیها در ساحلهای طوفانی به شن می‌نشستند. این اسکله در ۱۵۱۲ ساخته شد و شامل دیواری با چهار متر ارتفاع بالای آب و دو متر در زیر آب بود و با سنگ پوشیده شده بود. چیزی که عجیب می‌نماید باریکی بیش از حد اسکله است که بین دریا و خانه‌ها فقط ۱٫۵ متر پهنا وجود داشت، بنابراین گذرگاه ساده‌ای بود که از آنجا کالاهایی را که کشتی آورده بود، خالی می‌کردند.

با این‌همه نگهداری از بندر یکی از دشوارترین مسائل مقامات شهرداری بود. بندر که نقطه گودی در زمین مرتفع بود، محلی برای تجمع گل‌ولای و نیز آخالهایی بود که جریان آب آنها را می‌آورد. بدین‌جهت پیوسته و بسرعت به‌سوی پرشدن با گل پیش می‌رفت. از همان سدهٔ چهاردهم (۱۳۲۳) ساختن ماشین لایروبی، یک چرخ چاه کاسه‌دار شروع شد و در سدهٔ هفدهم این ماشینها تکمیل شدند و در هر بندر یکی از آنها دیده می‌شد. این دستگاه در انتهای یک میلهٔ بلند ملاقه‌ای داشت (شکل ۱۵۳).این یک بیل مکانیکی بود که طی سده‌های هجدهم و نوزدهم به‌کار می‌رفت.

این بیل هنوز وسیلهٔ ناتمامی بود و برای تمیزکردن و حتی عمیق کردن حوضچه به‌کار می‌رفت، اما کارایی آن به‌علت فقدان نیروی محرکه محدود بود. دو بشکه بدان وصل بود که دو یا سه نفر آنها را می‌گرداندند، این تنها وسیله‌ای بود که در آن‌زمان برای حرکت‌دادن در دسترس بود. مع‌ذلک ما شاهد هستیم برای استفاده از اسب‌گردها که بر روی کرجیهای ته‌پهن کار گذاشته می‌شد، اقداماتی انجام گرفت. در آن زمان، آدم و حیوان تنها وسیلهٔ تولید انرژی برای وسایل حرکت‌کننده بودند.

بندر تولون: بسیاری از بندرهای مدیترانه فاقد حوضچه‌های طبیعی بودند، درنتیجه ایجاد پناهگاه مصنوعی الزام‌آور می‌شد. بدین‌ترتیب ناگزیر از ساختن باراندازها یا موج‌شکنهای حمایت کننده

1. Lacydon



شکل ۱۵۳.آبکشی ملاقه‌ای

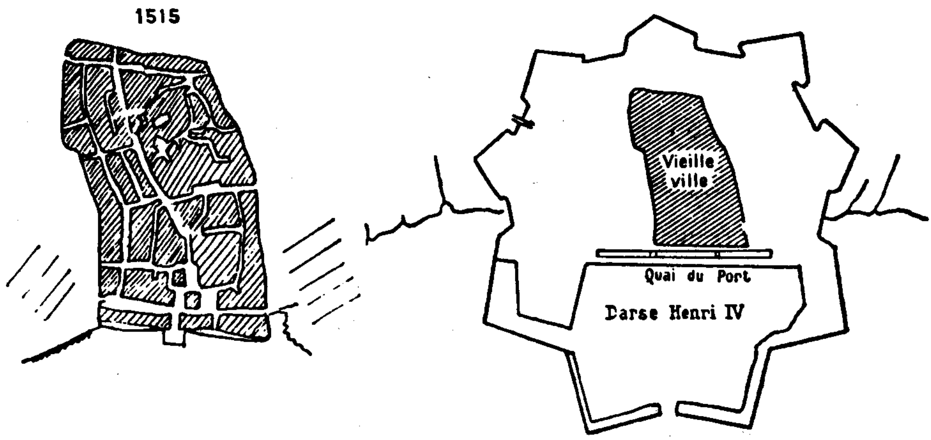
شدند. این یک تکنیک قدیمی بود: رومیها با موفقیت از آن در اوستیا استفاده کردند که باراندازها از مدخل حمایت می‌کردند، در تسنتوم چلوئه[1] (چیویتاوکیا) که پلینی کوچک از خانهٔ خود می‌دید که کشتیهای باری دیوارهای سنگی بزرگ می‌آوردند آنها را در جای خود در دریا قرار می‌دادند و بارانداز بتدریج پدیدار می‌شد.

چنین بود چگونگی کارهایی که بتدریج بندر تولون را برآوردند. نخستین تأسیسات بندری تنها دیوارهای کنار دریا بودند بدون اینکه چیزی از آنها حمایت کند (شکل ۱۵۴)،و امکان به شن‌نشستن کشتی در آنجا بود. درست است که این بندر که در انتهای یک خور قرار داشت تا حدودی در پناه قرار گرفته بود، اما برای اینکه بندری باشد که بتواند در همه وقت به کشتیها پناه دهد، می‌بایست خود در پناه باشد. در اواسط سدهٔ شانزدهم، مجموعهٔ ساختمان آنجا تنها حالت یک روستا را داشت که خاکریز قدیمی مخروبی از آن حمایت می‌کرد. کمربند تازه‌ای در سال ۱۵۹۶ دور آن کشیده شد، اما تنها در سال ۱۵۹۹ بود که حکمی از جانب دربار کنتهای پروانس توصیه می‌کرد که زمینهای لازم برای تأسیس یک کارگاه کشتی‌سازی کنار گذاشته شوند.

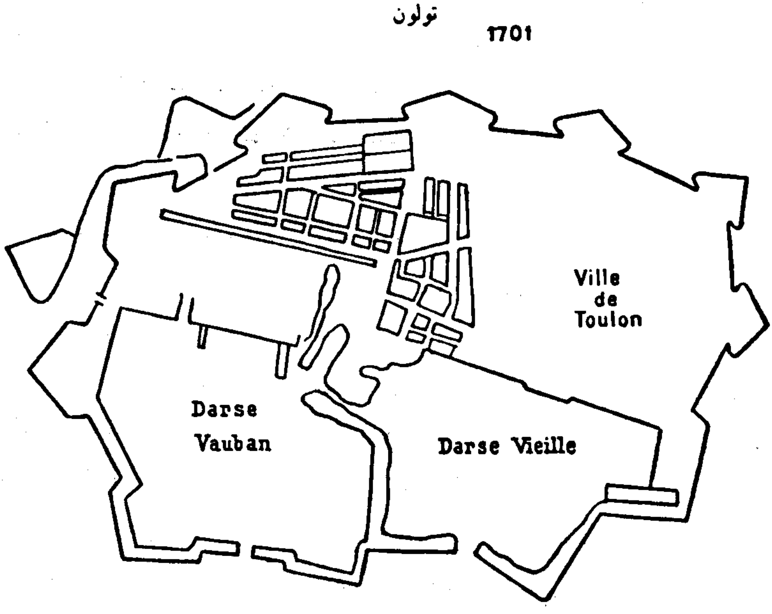
هانری چهارم در سال ۱۵۹۵ کشتیهای گالی دربار را از مارسی به تولون انتقال داد. زمین لازم برای ساختن کارگاه کشتی‌سازی در سوی غرب بندر ذخیره شد، لیکن پارک روایال ناکافی بود و طرحهای دیگری را برای توسعهٔ کارگاه در سالهای ۱۶۶۰ تا ۱۶۷۶ تهیه شدند که از میان آنها

1. Centumcelloe

تولون



تولون



شکل ۱۵۴.گسترش تدریجی تولون از سال ۱۵۱۵ تا سال ۱۷۰۱

باید از طرح بزرگ سال ۱۶۷۶ یاد کرد که پیر پوژه[1] آن را ارائه داشت که یک حوضچه جدید در مشرق حوضچهٔ قدیم بود. این حوضچه تازه دارای مجموعه‌ای از ساختمانهای عالی بود. اما این طرح که در پاریس بررسی شد، در پرونده‌های وزارتخانه باقی ماند.

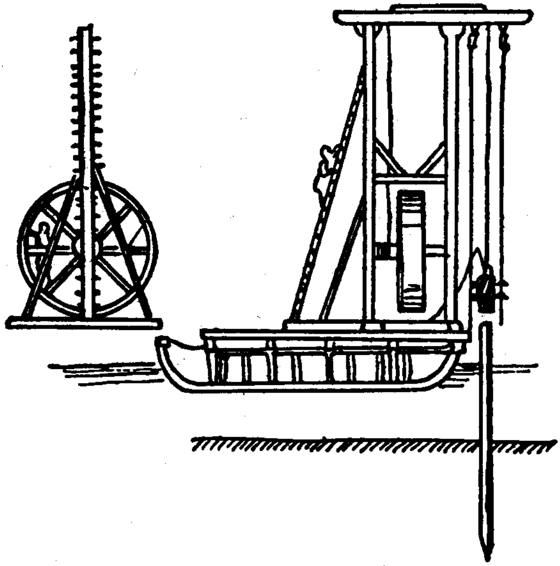
در ۱۶۷۸ ووبان مورد مشورت قرار گرفت و اندیشهٔ پوژه را پذیرفت که باید بندر دومی در مغرب بندر قدیمی ساخته شود. در سالهای ۱۶۸۱ ـ ۱۶۸۲ طرح تازه و کامل دیگری ارائه شد که در سال ۱۷۰۱ ووبان چند قسمت از آن را تغییر داد (شکل ۱۵۴). بندر تولون از این قرار دارای دو حوضچهٔ مجاور بود: یکی حوضچه هانری چهارم، دیگری حوضچهٔ ووبان. این مجموعه در سراسر سدهٔ هجدهم، محل تماشایی و جالبی بود.

ساختمان حوضچه‌های خشک: مشکلات ساختمانی و نیز استفاده از آنها در دریای بدون جزر و مد، حوضچه‌های خشک مدیترانه را محدود کرده بود، و اینکه در سدهٔ هفدهم تنها حوضچه‌های مخصوص گالی در سواحل مدیترانه وجود داشت، بدلیل همین دشواریها بود. ابعاد کشتیهای گالی در آن زمان کوچک بودند. بزرگترین کشتی گالی می‌توانست در حوضچه‌های به طول ۳۵ تواز (۶۸٫۲۵ متر) و ۴۴ پا (۱۴٫۳۰ متر) عرض در قسمت فوقانی و ۱۰ پا (۳٫۲۵ متر) عمق از بالای کف‌بندی وارد شود. در کف حوضچه، عرض آن می‌توانست به ۲۶ پا کاهش یابد.

برای ساختن این حوضچه‌ها، تنها لازم بود سطحی را تا عمق ۱۳ پا پایینتر از سطح آب دریا در بیشترین مد آن گود کنند، که بدین‌ترتیب ۳ پا برای کف‌بندی و ۱۰ پا برای آبی که برای ورود کشتی گالی به حوضچه لازم بود، درنظر گرفته شده بودند. با این عمق کم، تلمبه‌ها می‌توانستند حوضچه را خشک نگاهدارند، لیکن فقدان جزرومد مانع از استفاده از حوضچه‌ها با عمق کافی برای پذیرایی از کشتیهای بزرگ بود.

درمورد دیوار اسکله، همچنین دیوار حوضچه‌های خشک که کاری بسیار مهم و عمیق بود، روش کار تغییری نیافت: ایجاد یک حصار که در آنجا با کمک وسایل تخلیهٔ محدود، می‌توانستند محوطه را خشک سازند. چنانچه به زمین مقاومی برخورد می‌شد، مثلاً در روشفور، از همان زمین به‌عنوان پی استفاده می‌کردند. اگر زمین استحکام لازم را نداشت تیرکوبی انجام می‌شد. روش تیرکوبی با گذشته تقریباً تفاوتی نداشت. در مورد تیرهای زیاد دراز و سنگین از وسایل مکانیکی آن‌زمان استفاده می‌شد (شکل ۱۵۵)،بدین‌ترتیب که تیرکوبی را روی کرجی ته‌پهن قرار می‌دادند و تخماق تیرکوب را چرخ چاهی که یک استوانه آن را می‌گردانید، بالا می‌برد. تیرها را حتی در زیر آب می‌بریدند. چنین روشهایی از مدتها پیش وجود داشت، فنرهای ویلاردواونکور حاوی نمونه‌هایی از آن است.

1. P. Puget



شکل ۱۵۵.تیرکوب برای کوبیدن پایه‌ها.

کف حوضچه را با قشری از سنگ و ساروج به ضخامت ۲/۵ پا می‌پوشانیدند. قطعات چوبی را در عرض نخست در زیر آن می‌چیدند. این تخته‌ها چهارگوش و دارای ابعاد ۹ تا ۱۰ اینچ بودند، که آنها را با فاصلهٔ ۳/۵ پایی در ردیف یکدیگر می‌گذاشتند و این کار را در زیر تکیه‌گاه هم ادامه می‌دادند تا اینکه مستحکم باشد. فواصل بین این تخته‌ها را با مصالح بنّایی پر می‌کردند و بر روی آنها کفی با ضخامت ۲ اینچ می‌چیدند، آن را بطانه و قیراندود می‌کردند و با قطران می‌پوشانیدند، به‌طوری‌که پس از خشک شدن، کارگران می‌توانستند روی آن کار کنند. دیوارهای جنبی با آجر و قلوه‌سنگ بالا می‌رفت تا محکم بایستد. نمای دیوار را با ترتیب راسته و خفته آجرها زینت می‌دادند. بر روی قسمت بالا که ۲/۵ پا پهنا داشت، آجر فرش می‌کردند و در لبه‌ها با گذاردن قیدهای آهنی که سرهای آنها سرب‌ریزی شده بود، سنگها را در جای خود محکم نگاه‌می‌داشتند.

کارهای ساختمانی حوضچهٔ خشک مارسی در حصاری تخته‌ای انجام گرفت و پی آن از قلوه‌سنگهای تیشه‌کاری شده و یا از آجرهایی بود که در ملاط سیمان، با رجهایی کاملاً منظم کار گذاشته و بندکشی کرده بودند.

ساختمان باراندازها: روش ساختن باراندازها در سدهٔ هفدهم، بسیار قدیمی بود و تکیه بر اصولی منطقی داشت. باراندازهای پیشین به مشاهده حرکات دریا و یافتن راههایی برای مقاوم‌کردن

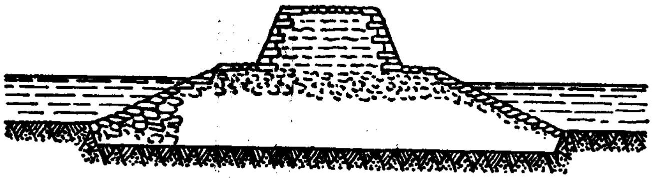
باراندازها در برابر ضربات سخت امواج دریا امکان داده بود.

دانسته شده بود که باید برای استقرار چنین ساختمانهایی بر روی رسوبهای آبرفتی تازه و یا گل باید احتیاط فراوان کرد. لازم بود که زمین بسیار نرم را آنقدر گود کرد تا به کف تقریباً محکم رسید. چاله‌ای را که بدین هدف کنده شده بود، با سنگ پر می‌کردند و تأثیر دریا را بر روی آن بررسی می‌کردند. می‌دانستند که سنگهای بزرگ دشوارتر از سنگهای کوچک جابه‌جا می‌شوند و نیز تلاطم دریا در عمق، کمتر از سطح آن است. تخمین زده می‌شد که در عمق دوازده یا پانزده‌پایی، دریا بسیار کم متلاطم می‌شود و در ۲۴ پایی، شنها هم از جای خود نمی‌جنبند.

بنابراین سنگها را در سه اندازه تقسیم می‌کردند. کوچکترین را در کف دریا قرار می‌دادند و سنگهای متوسط را در ۱۲ پایی و سنگهای بزرگ را در بالای آنها، یعنی در حدود هشت یا نه پایی زیر آب قرار می‌دادند. وانگهی سنگهای بزرگ را به یکدیگر متصل می‌ساختند و با دست روی‌هم می‌گذاشتند به‌طوری‌که طرف کوچک آنها رو به بیرون باشد و نوکهای تیز آنها بوسیلهٔ رجهای بالایی درگیر شوند. ازسوی دیگر در گذاردن سنگ در دریا، سنگهای بزرگ را بیشتر در خارج از شیب قرار می‌دادند و سنگهای متوسط را در داخل. نسبت قاعده به ارتفاع شیب ۲ به ۱ بود. فضاهای خالی با لاشهٔ سنگ و ریگ به نسبت یک بارکشتی ریگ به دوبار سنگ پر می‌شد.

بدین‌ترتیب؛ پی حوضچه تا ارتفاع سه پایی زیر سطح کمترین مد با سنگ ساخته می‌شد. سنگها را با منتهای دقت در این سطح قرار می‌دادند. بین سه و شش پایی زیر آب، فضای میان سنگها با دقت پر می‌شد. این مصالح را سپس با ساروجی از مقادیر مساوی ماسه، شن با همان مقدار سنگ آهک و پوتنسوئولانا آسیا شده مخلوط می‌کردند و می‌گذاشتند ۲۴ ساعت این مخلوط بماند، آن‌گاه آن را با فرغونهای دریچه‌دار خالی می‌کردند تا آب، چسبندگی آنها را ضایع نکند. ریگها را در این ساروج می‌ریختند و چندین لایه ساروج و ریگ روی‌هم ریخته می‌شد و لایهٔ آخری را بخوبی تراز می‌کردند تا بتوان مصالح ساختمانی بارانداز را روی آن کشید. مصالح ساختمانی روکار عبارت بود از مصالح معمولی برای داخل کار، که روی آن را با سنگهای بزرگی به‌شکل راسته و کلگی می‌پوشاندند، از ملاط سیمان و قلابهای آهنی که در سرب فرو می‌بردند، روکاری را به‌پایان می‌رساندند.

علاوه‌بر مراقبت پیوسته در نحوه زهکشی، عادت شده بود که مدت یک سال در ساختن روکار دست نگاهدارند، زیرا طی این مدت تلاطم دریا و ضربات امواج «سنگها را در بهترین وضع ممکن نسبت به یکدیگر قرار می‌دهند» (بلیدور) (شکل ۱۵۶).



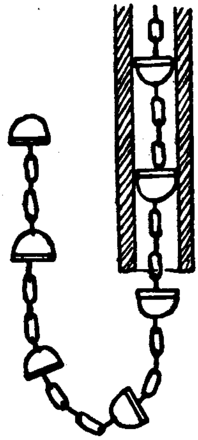
شکل ۱۵۶.بند حفاظتی از بارانداز.

با گذاردن پایه‌های ساختمان در چاله‌ها، از جابه‌جا شدن بارانداز جلوگیری می‌شد. چنانچه بارانداز واجد خاکریز دفاعی، جایگاه‌هایی برای توپ، انبارکالا و ... بود که تأسیسات مهمی هستند، معماری باید چنان می‌بود که از هرگونه حرکت بعدی پی جلوگیری می‌کرد. در این مورد، موج‌شکن که از سنگ و قسمت بالای آن از بتونی مرکب از شن و ملاط ساخته شده بود تا ۰٫۵۰ متر زیر سطح جزر بالا می‌آمد، آن‌گاه بر روی موج‌شکن پنجره‌ای از الوارهای چهارگوش طولی و عرضی ۱۰ تا ۱۲ اینچی نصب می‌کردند، که شبکه‌ای را تشکیل می‌داد که چشمه‌های آن دارای ابعادی حداکثر ۳۰ اینچ بودند. این الوارها به دقت در یکدیگر قفل می‌شدند و آنها را به‌شکل کلکهایی به طول ۱۶ تا ۲۰ متر سوار می‌کردند و به حالت شناور در آب می‌گذاشتند، بر روی این کلک آنقدر سنگ می‌گذاشتند تا به زیر آب رود. خانه‌ها را با ملاطی از پوتسولانا، یا از خاکستر تورنه پر می‌کردند. لبهٔ پنجره را ۱۵ پا نسبت به لبهٔ سنگ تو می‌گذاشتند تا اینکه بین وزنه‌ها و شیب بارانداز فاصله‌ای باشد.

بالاخره دیوار را به‌اندازه دو پا عقبتر از تیر طولی لبهٔ پنجره می‌ساختند. لیکن پیش از اینکه روبنا بالا بیاید پنجره را با سنگ سنگین می‌کردند و برای چندین ماه آن را در زیر وزن سنگها و آب دریا رها می‌کردند تا نشست کند. مدخل بندر، بین دو سر موج‌شکن می‌بایست آنقدر عریض باشد تا بزرگترین کشتی هم بتواند از آن بگذرد، در همان حال آن اندازه باریک، که بتوان با یک یا چند زنجیر آن را بست. دهانهٔ ۱۶ تواز (۳۱٫۲۰ متر) عرض مناسبی برای مدخل بود.

این تکنیک که به‌طور یکسان در سواحل مدیترانه (در چیویتاوکیا، نیس و غیره) در سدهٔ هفدهم عملی شده است، رضایتبخش بود، بنابراین در سراسر سدهٔ هجدهم نیز به‌کار گرفته می‌شد.

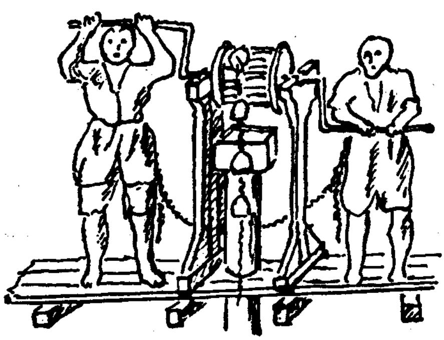
خشک‌سازی حوضچه‌ها با ماشینهای آبکشی: پایابی حوضچه‌هایی که در مارسی ساخته شد، امکان می‌داد که با تلمبه‌های دستی حوضچه را خشک سازند. تلمبه‌های آبکشی از نوع معمولی بودند (شکل ۱۵۷)،لوله‌ای که زنجیری با چندین فنجان بدان وصل بود، از میان آن می‌گذشت و آب بدین‌ترتیب بالا آمده به خارج ریخته می‌شد و چون فنجانها بسته نبودند، مقداری آب در



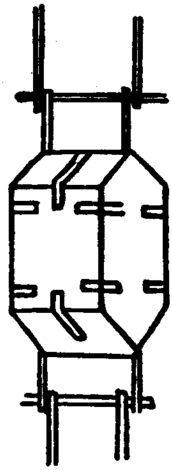
شکل ۱۵۷.تلمبهٔ آبکشی.

عمل به حوضچه برمی‌گشت. برای اینکه مقدار آب برگشتی کم شود از ظرفهایی استفاده کردند که قسمتهای آن با چرم به یکدیگر دوخته شده بودند. دو محکوم زنجیر به‌پا، دسته را می‌گردانیدند و پس از یک ساعت کار، دو محکوم دیگر جای آنان را می‌گرفتند(شکل ۱۵۸).

این تأسیسات که بازده کمی داشتند، برای حوضچه‌هایی کافی بود که عمق آنها بسیار کم بود و برای حوضچه بزرگ، از نوع بندرهای اقیانوسی ضعیف بودند. در مورد اخیر، چنانچه حوضچهٔ خشک بالاتر از سطح آب پایینترین جزر بود، حوضچه را باید در زمان جزر زهکشی کرد. اما آب اضافی که از ماسه زمین بالا می‌جوشید و یا از جویبارهایی وارد حوضچه می‌شد و نیز آبهای نشتی



شکل ۱۵۸.تلمبه‌ای که بوسیلهٔ محکومان عمل می‌کند (بلیدور).



شکل ۱۵۹.کاسه‌های آبکشی در روشفور.

از دریچه‌های دارای کف بند بسیار پایین، به‌هنگام جزرهای ناکافی، نیاز به تلمبه داشتند. حوضچه روشفور، همان‌طورکه گفتیم، و نیز برست که حوضچهٔ آن بسیار گود بود، از این ردیف می‌باشند.

در چنین حالتی، از اسب‌گرد (مانژ) با چهار اسب استفاده می‌شد. این وسیله، متصل به میله‌ای بود که یک محور عمودی را می‌گرداند. تأسیسات بندر روشفور (۱۷۲۲) از سیستمی از چرخها و دنده‌های فانوسی و سه زنجیر کاسه‌دار استفاده می‌کرد. کاسه‌ها جعبه‌های چوبی بودند (شکل ۱۵۹)که زانوهای آهنی اطراف آنها را به یکدیگر متصل می‌ساختند. سوراخی در سطح بالا، ورود آب را ممکن می‌ساخت و زمانی‌که جعبه را یک چرخ هشت ضلعی در رأس مسیر خود برمی‌گرداند، آب به بیرون ریخته می‌شد.

در روی محور عمودی این مکانیسم، یک چرخدنده زنجیر خور، سه دندهٔ فانوسی را می‌کشید، درحالی‌که هر یک از دنده‌ها چرخ کوچکی بر روی همان محور هشت‌ضلعی داشتند که کاسه‌هایی را با خود حمل می‌کرد (شکل ۱۶۰).

ابعاد این وسیله در صفحه‌بعد آمده است:

سه تلمبهٔ کاسه‌ای دارای ۳۰ کاسه بودند که ظرفیت هر کاسه نیم پای مکعب بود و بر روی‌هم زنجیری به طول ۱۰ تواز (۱۹٫۵۰ متر) تشکیل می‌دادند. آب از عمق ۲۴ پایی با سرعت ۱۲۹۶ پای مکعب در ساعت بالا آورده می‌شد.

اسبها که به میله‌هایی به طول ۱۵ پا بسته شده بودند، با سرعت ۷۲ دور در ساعت می‌گردیدند

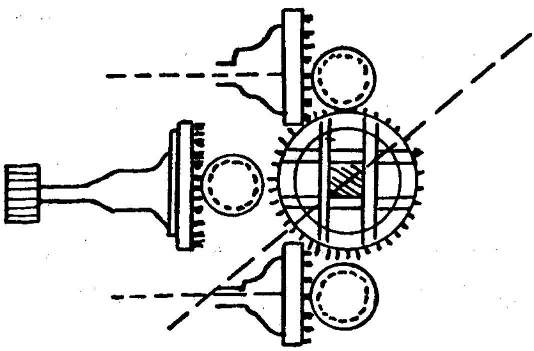
چرخندهٔ زنجیرخور	اندازه، سه‌پا (۰٫۹۷۵ متر)	دندانه ۴۸
چرخنده‌های فانوسی	اندازه، ۱۵ اینچ (۰٫۴۰ متر)	دندانه ۱۶
چرخهای کوچک	اندازه، ۲٫۵ پا (۰٫۸۱ متر)	دندانه ۳۲
چرخ هشت‌گوش	اندازه، ۲٫۵ پا (۰٫۸۱ متر)	

و محیطی برابر ۱۵ و ۵/۷ تواز، هر ساعت ۱۱۳۱ تواز را طی می‌کردند. بلیدور اطلاعات چنین دستگاهی را تجزیه و تحلیل می‌کند و بدین‌نتیجه می‌رسد که بازده آن کافی نیست. این استدلال که اسبها ۱۱۳۱ تواز در ساعت (۰٫۷۰ متر در ثانیه) را طی می‌کردند و حال آنکه می‌توانستند ۱۸۰۰ تواز (۰٫۹۹ متر) را طی کنند نشان می‌دهد که بازده مکانیکی آنها بسیار کم بوده است.

اعدادی که در بالا داده شد، نشان می‌دهد که قدرت آبکشی دستگاه، ۲۲ کیلوگرم متر در هر ثانیه بود، یعنی تقریباً قدرتی برابر ۰٫۳۰ اسب بخار، که در رابطه با اسبهای زین و برگی، کمتر از ۰٫۱ اسب بخار است. بلیدور عقیده دارد که با اصلاح این وسیله، می‌شد با دو اسب کار را انجام داد. می‌توان نتیجه گرفت که حتی در زمان بلیدور هم اتلاف بازده را در چرخنده‌های چوبی، وسیلهٔ منحصربه‌فرد آن‌زمان، ممکن بود، بسیار پایین آورد. چنین می‌نماید که خستگی اسبان آنقدر زیاد بود که هر یک ساعت ناچار باید اسبان را تعویض کنند.

همین محاسبه که برای تلمبه‌های دستی مورداستفاده در مارسی انجام شده است، عناصر زیر را به‌دست می‌دهد:

این ارقام مربوط به یک توان مفید: ۱۲٫۴۶ × ۴٫۳۲ × ۲٫۸۸۵ کیلوگرم متر است، که برابر ۱/۶ اسب بخار یا ۱/۱۲ برای هر شخص است. این ارقام نشان می‌دهند که بازده موتوری که

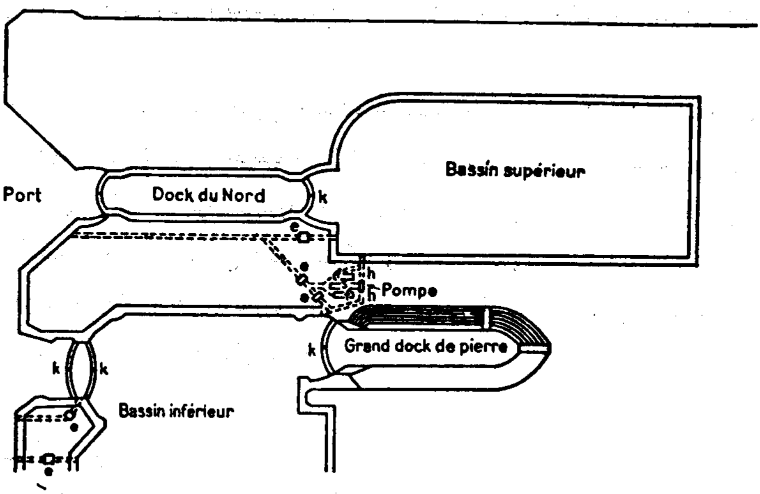


شکل ۱۶۰.مکانیسم چرخنده‌ای زنجیر آبکشی در روشفور.

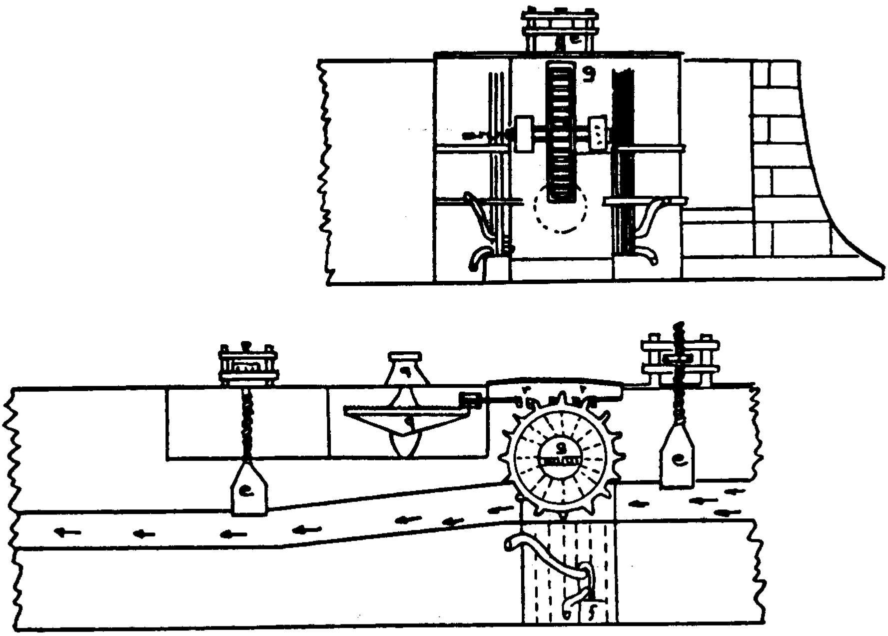
قطر لوله	۰٫۱۲ متر
شعاع حرکت دست	۰٫۶۵ متر
شعاع استوانه حرکت‌دهندهٔ زنجیر	۰٫۳۲۵ متر
ارتفاع آبکشی	۴٫۸۸۵ متر
نیروی اعمال شده بوسیلهٔ هرشخص روی دسته	۹ کیلوگرم
سرعت بالا آمدن زنجیر	۰٫۳۰ متر در هر ثانیه
مقدار آب بالا آمده در هر ثانیه	۴٫۳۲ لیتر

هیچ چرخدنده‌ای نداشته باشد، از موتور مورداستفاده در روشفور بهتر است. اما با احتساب قدرتی برابر۱/۶ اسب بخار، باید این تلمبه را موتوری بسیار ضعیف دانست. تلمبه روشفور با ۰٫۳۰ اسب بخار و چهار اسب آن، تلمبه‌ای بسیار ضعیف بود.

بدین‌ترتیب می‌توان پذیرفت که فقدان روشهای تولید نیرو به‌مقدارکافی، درابتدای سدهٔ هجدهم، بزرگی حوضچه‌های خشک و بویژه عمق آن را محدود می‌ساخت. به همین دلایل می‌توان پذیرفت که در بندرهای مدیترانه، موتورهای مورداستفادهٔ حوضچه‌های تعمیر گالی، به کششهای کم محدود



شکل ۱۶۱.نقشهٔ معماری تعمیرگاه خشک پورتسموث.



شکل ۱۶۲.نمودار (برشهای عمودی و افقی) موتورهای تلمبه در پورتسموث.

می‌شد، و برای بندرهای تولون و مارسی طرح حوضچه‌های خشک مناسب کشتیهای بزرگ محال بود.

بااین‌همه باید به تأسیسات اصیل تعمیرگاه پورتسموث (۱۶۹۰ـ۱۷۰۴) (شکلهای ۱۶۱و ۱۶۲) اشاره‌ای داشت. کانالی که حوضچه بالا را از راه یک ردیف دریچه به دریا متصل می‌ساخت، جریان نیرومندی از آب به‌وجود می‌آورد که بر روی چرخهای پره‌دار عمل می‌کرد. این چرخ از طریق یک لنگ تلمبه‌های پیستونی را فعال می‌کرد و نیرویی بیشتر از تأسیسات اسبگردی به‌دست می‌داد. به‌هر تقدیر به‌کار و هزینهٔ کمتری نیاز داشت و می‌توانست در هر جزری، به‌علت تفاوت سطح حوضچه با دریا تلمبه را فعال کند.

فانوسهای دریایی

با گسترش دریانوردی می‌بایست به کشتیها کمک شود تا در شب موقعیت خود را بدانند و از معبرهای دشوار بگذرند و به بندر وارد شوند.

یک شعلهٔ آتش در دماغهٔ زیگن[1] از نهصد سال پیش از میلاد اطراف را روشن می‌ساخت. آتش دیگری بعدها در حدود پیرایئوس (پیره)[2] برافروخته شد. برج واقع در جزیرهٔ فاروس[3] به نام منارةالبحر را یکی از عجایب هفتگانه جهان دانسته‌اند. این برج در اوایل سدهٔ سوم به توسط کنیدوس سوستراتوس[4] ساخته شد. می‌گویند که اندازهٔ این برج هزار ارش (ارش ≈ ۵۰ سانتیمتر) بوده است، که اغراق به‌نظر می‌رسد.

برج اوردر در بولونی: رومیها در اوستیا، پوتتسوئولی[5]، راونا فانوسهایی برپا داشتند. درگل آنها در بولونی بدین کار دست زدند که فانوس دوور بدان تعلق دارد. فانوس برج بولونی (که بعدها برج اوردر[6] نام گرفت) هر شب راه را روشن می‌ساخت (البته تا آنجا که نور ضعیف آن توان داشت) و کشتیهای متعددی که از کانال می‌گذشتند از روشنایی آن استفاده می‌کردند. کالیگولا برای تجلیل شریک ادعایی خود در برتانی (انگلستان) آن را تأسیس کرد: «او به یادبود پیروزی خود، برجی بسیار بلند برپا داشت که در آن دو آتش درخشان مانند فانوس دریایی در شب مسیر کشتیها را مشخص می‌ساختند» (زوئتونیوس[7] XLVI).

این برج که گویا مدتها تحت تسلط رومیها نگاهداری می‌شد و در دورهٔ هجوم بربرها به‌حال خود واگذاشته شده بود، در سال ۸۱۱، شارلمانی در آستانهٔ لشکرکشی برای جنگ با رهزنان نورمن، آن را به‌عنوان فانوس دریایی احیا کرد. این فانوس در سراسر قرون وسطی به‌همین خاطر نگهداری شد.

در مدت اشغال برتانی بوسیلهٔ انگلیسیها (۱۵۴۴ ـ ۱۵۵۹)، این محل با خاکریزها و آجر احاطه شد و حصاری دارای کنگره و باستیون ایجاد شد که نوعی دژ واقعی مجهز به توپخانه بود. این دژ مستحکم در برابر هجومهای دشمنان ایستاد، اما زمین مرتفع زیر آن در اثر امواج دریا رفته‌رفته از میان رفت و پس از دو یا سه طوفان بسیار شدید ۱۶۴۰ ـ ۱۶۴۵، دژ و برج روی آن درهم ریخته شد.

چند شکلی از (اوردر) که از آن‌زمان مانده است، می‌تواند در تصور آن به ما کمک کند: یک

---

1. Cape Sigeion

۲. Piraeus شهری در مشرق یونان مرکزی، کنار خلیج سارونیک، پیش بندر آتن.

۳. Pharos شبه‌جزیره‌ای، جزء اسکندریه در مصر.

۴. C. Sostratus معمار یونانی.

۵. Pozzuoli بندری کنار خلیج ناپل ایتالیا.

6. Ordré

۷. Suetonius مورخ لاتین متولد در اوستیا، ۷۰ـ۱۲۵ میلادی.

هرم هشت ضلعی با دوازده طبقه که هر طبقهٔ آن نسبت به طبقهٔ زیر خود یک پا و نیم عقب رفته است. هر ضلع طبقهٔ نخست ۲۴ پا بود، بنابراین محیط آن ۱۹۲ و قطرش ۶۴ پا می‌شود. ارتفاع برج حدود ۲۰۰ پا بود که باید ۱۰۰ پا ارتفاع تپهٔ زیر را به آن افزود؛ بدین‌ترتیب آتش آن از فاصله بسیار دور دیده می‌شد.

سه اطاق روی‌هم با سقفهای گنبدی که درب آن به‌سوی جنوب باز می‌شد و پلکانی برای ارتباط بین طبقات، هنوز در سدهٔ هفدهم در آنجا دیده می‌شد. ساختمان آن از رجهای متناوب سنگهای زرد و آجرهای سرخ ساخته شده بود. سنگهای زرد را از تپهٔ زیر آن استخراج کرده‌بودند. مصالح را با ملاط بسیار سختی از آهک، ماسه دریا و آجر شکسته چیده بودند و شباهت به ساختمانهای رومی داشت.

در قرون وسطی و در عهد رنسانس، ساختن برجهای فانوس‌دار جزء معماری دژسازی و کلیسا شد. این رویه در دوور هم دیده شده است، در آنجا برج قدیمی فانوس‌دار رومی به برج ناقوس کلیسا تبدیل شد.

برج کونستانس[1] در اگ ـ مورت[2] حامل برج کوچکتری بود (سدهٔ سیزدهم) که نقش فانوس داشت. قفسی از میله‌های آهنی با شبکه‌بندی درشت، فانوس را در خود داشت. در لاروشل در سدهٔ پانزدهم برج‌لانترن دارای ناقوس بود؛ در کنار برج کوچکی، پلکانی به بالا به فانوس می‌رسید.

برجهای منفرد ساعت در سواحل کورس، جنوب ایتالیا و قبرس وجود داشته است. در سده‌های پانزدهم و شانزدهم از این برجها به‌عنوان پاسگاه، خسته‌خانه و فانوس دریایی استفاده می‌شد. مأموران ساعت از فانوس نگاهداری می‌کردند.

فانوس کوردوان: در دوران سلطنت لویی لو پیو[3] (لویی اول)، کشیشان برای هدایت ناوها در گذر دشوار از خلیج ژیروند بر صخرهٔ کوردوان[4]، فانوسی را نصب کردند. این چراغ در سدهٔ چهاردهم (۱۳۶۲ ـ ۱۳۷۶) بوسیلهٔ بلک پرنیس پسر کینگ ادوارد سوم، که در آن‌زمان مالک همهٔ گیین[5] (اکیتن) بود، احیا و تقویت شد. در این‌زمان کشتیرانی بین بوردو و انگلستان بسیار فعال بود.

این فانوس قسمتی از یک مجتمع بود که از جمله شامل نمازخانه و یک روستای کوچک می‌شد. در این روستا ماهیگیران و در برج یک راهب اقامت داشتند. نخستین راهبی که در این

1. Constance

۲. Aigues-Mortes شهری در ولایت گار، در جنوب فرانسه.

۳. Louis le Pieux ۷۸۸ـ۸۴۰ پسر شارلمانی، که از سال ۸۱۴ پادشاه فرانسه شد.

4. Cordouan 5. Guyenne

مکان اقامت کرد ژوفروا دو لسپار[1] نام داشت که در برابر دریافت دو سکه بزرگ نقره از هر قایق حامل شراب، در بالای این محل چوبهایی را همیشه مشتعل نگاه می‌داشت. این خدمت که تقریباً به‌طور منظم انجام می‌گرفت تا سال ۱۵۸۴ ادامه داشت. مهندس معماری به نام لویی دو فوا[2]، که حدود ۱۵۷۹ مسیر آدور را به سود بندر بایون مستقیم کرده بود و برای کارهای ساختمانی اسکوریال[3] انتخاب شده بود، در این‌زمان برج را بازسازی کرد. او از مصالح ساختمانی لوکس کاخی که در اسپانیا می‌ساخت: ستونها، مثلثیهای سردر عمارت با گچبریهای زیبا، و مصالح یک نمازخانه و «اطاق شاه» مزین به گچبریها و نقاشیهای برجسته را بدانجا آورد.

این برج به هزینهٔ حاکم گیین ساخته و در ۱۶۱۰ به‌اتمام رسید و روشنایی فانوس آن در زمان بالاترین مد، فقط تا ۲۰ متری می‌رسید. در سدهٔ هجدهم به بالابردن برج و نیز بهتر کردن منبع نوری، برد فانوس بیشتر شد.

فانوس ادیستون[4]: در انگلستان مدخل بندر پلیموث[5] باوجود فانوس ادیستون مشخص می‌شود. چهار برج پشت سر هم روی این صخره برافراشته شده‌اند.

در تابستان ۱۶۹۶ گروهی از یک کشتی روی این صخره پیاده و دست به‌کار سوراخ‌کردن سنگها شدند. کارهای ساختمانی نخستین فانوس ادیستون بدین‌طریق آغاز شد. سازندهٔ آن هنری ویستنلی[6]، نابغهٔ عجیبی که ستونی از مصالح مستحکم به قطر ۱۴ و فقط ۱۲ متر ارتفاع را به این سنگ متصل ساخت. این ستون در رأس خود ساختمانی چوبی از برجی به ارتفاع ۸۰ پا داشت که بخش بالایی آن لقب «پاگودا» را به‌دست آورد (شکل ۱۶۳). آقای ویستنلی بزودی متوجه شد که ضربات امواج ساختمان چوبی را می‌لرزاند، زیرا وزن ساختمان آنقدر نبود که در برابر امواج پایدار باشد، بنابراین ستون را هشت پا بالاتر برد. پنج سال پس از آن، سازندهٔ فانوس باز درصدد تحکیم کار خود برآمد که ناگهان وزش شدید باد ساختمان را فروافکند، سازندهٔ شوم‌بخت و دیده‌بان نیز به هلاکت رسیدند.

کمی پس از این مصیبت، یک کشتی (وینچلسی) که درصدد بود وارد پلیموث شود با برخورد به صخره، درهم شکست. از این واقع شوم دو نتیجه می‌توان گرفت: از فانوس گریزی نیست، فانوس باید بسیار محکم باشد.

---

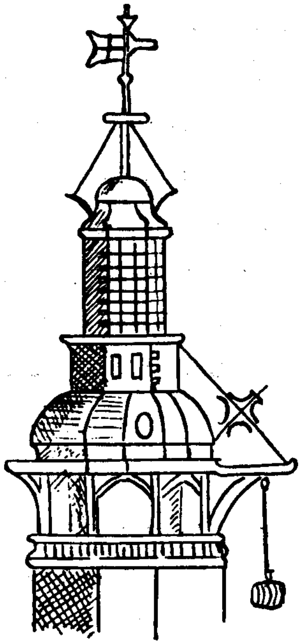
1. Geoffroy de Lesparre 2. L.de Foix

۳. Escorial کاخی در اسپانیا، نزدیک روستای سان لورنتو دل اسکوریال در شمال غربی مادرید.

4. Eddystone

۵. Plymouth بندر مهمی در انگلستان، کنار خلیج پلیموث، در جنوب غربی انگلستان.

6. H.Winstanley



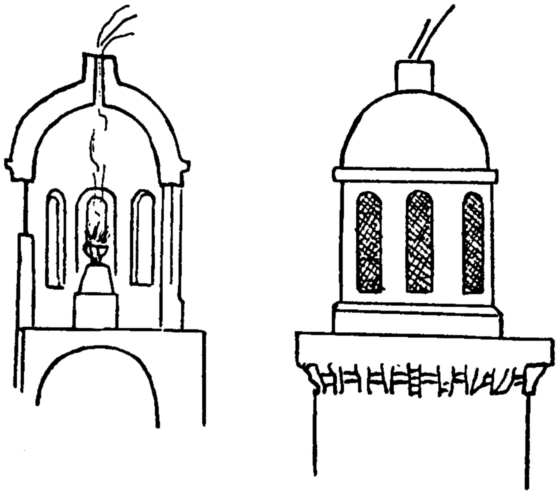
شکل ۱۶۳.فانوس ادیستون، سال ۱۶۹۶.

در سال ۱۷۰۹ این فانوس را آقای رادیرد[1] بازسازی کرد. در سدهٔ هجدهم فانوس جدید در اثر آتش‌سوزی خراب شد، و بعدها از نو آن را ساختند.

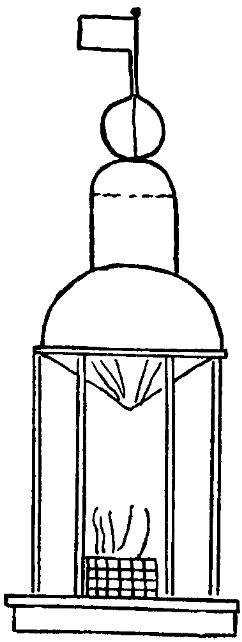
روشناییها و فانوسها: دربارهٔ کانون روشنایی باید گفت که از زمان ساختن منارةالبحر اسکندریه تا سدهٔ هجدهم هیچ اصلاح اساسی در کار فانوسها ایجاد نشد. همواره منقلی پر از آتش چوب و سپس زغال بوده است. با این‌حال درپی اصلاح روشنایی و برطرف‌کردن دود ازکانون آتش بودند، که گاهی روشنایی آن‌را می‌پوشانید.

قفس فانوس اگ ـ مورت مجهز به ورقه‌هایی از شاخ بود که از آتش در برابر باد حمایت، و ایجاد جریانی از هوا می‌کرد که دود را برطرف می‌ساخت. بعدها شیشه جای شاخ را گرفت. نخستین فانوس کوردوان سنگی بود (شکل ۱۶۴)که پنجره‌هایی از شیشه داشت. درون فانوس در اثر گرمای آتش مصالح بنّایی تکلیس می‌شد و می‌بایست تعویض شوند. اجاق فانوس را پایین سطح اصلی آن قرار دادند، اما روشنایی آن ضعیف شد. در سال ۱۷۲۰ اجاق را به‌جای اصلی برگردانیدند و برجی با فانوس دارای پنجره همراه با قابی از آهن گذارده شد (شکل ۱۶۵).

1. Rudyerd



شکل ۱۶۴.فانوس کوردوان، ساخت نخستین آن در سال ۱۶۱۰.



شکل ۱۶۵.فانوس کوردوان در سال ۱۷۲۰.

آتش فانوس ابتدا با چوب بلوط بود، اما بعداً از آتش زغال استفاده شد. منقل ۲۲۵ پوند زغال‌سنگ را در خود جای می‌داد که از غروب آفتاب آن‌را روشن می‌کردند و تمام شب روشن بود. منقل چوبی، کوچک بود اما به نسبت اندازهٔ آن، شعلهٔ زیادی داشت، درحالی‌که بیش از سه ساعت دوام نمی‌آورد و باز می‌بایست چوب بدان می‌افزودند. روشنایی آن بیش از ۴ تا ۵ کیلومتر برد نداشت.

در انگلستان نیز همین ترتیبات برقرار بود، مثلاً فانوسی در اگنس آیلند[1] واقع در مجمع‌الجزایر سیلی[2] است که در ۱۶۸۰ ساخته شده است. این فانوس گرچه اکنون مورداستفاده نیست، ولی مثل گذشته از آن نگاهداری می‌شود. این فانوس تا سدهٔ نوزدهم مورداستفاده قرار می‌گرفت، تنها اصلاحی که در آن شد، افزودن یک بادزن به آن بود.

تنها اصلاح مهمی که در سه ساختمان نخستین ادیستون عملی شد مثلاً کاربرد شمع یا زغال، مدت زیادی به طول نینجامید. همین ترتیبات نوین و نیز بعدها کاربرد چراغ روغن‌سوز بود که در سدهٔ هجدهم رواج یافتند.

کشتیرانی در رودخانه‌ها و ترعه‌ها

در زمانهای بسیار گذشته، کشتیرانی در دریا، قاره‌ها و جزایر را به‌یکدیگر اتصال می‌داد و این تنها وسیلهٔ ضروری ارتباطات بود. در خود قاره‌ها، حمل‌ونقل در راهها به مسافران و کالاها امکان عبور آزاد را فراهم ساخته بود. لیکن درگذشته دیده شده بود که این حمل‌ونقل زمینی با چه دشواریهایی روبه‌رو می‌شود: راههای دشوار که هزینهٔ ساختن و نگاهداری آنها گزاف و نیروی زیادی برای کشش لازم بود.

بدین‌ترتیب کشتیرانی از رودخانه‌ها برای آسان کردن حرکت مسافران و کالاها از مدتها پیش وجود داشت. استرابون اشاره می‌کند (در جغرافی، کتاب ۱) که کشتیرانی در رودخانه‌های لوار، رون، سن و گارون بسیار فعال بوده است، اما بی‌نظمی این جریانها سبب شده بود که مسافرت از طریق آنها با کندی بسیار انجام گیرد.

رودخانه‌های رون ولوار: نمونهٔ رون بسیار آموزنده است. این رودخانه در بیشترین جزر خود تنها ۰٫۴۰ متر عمق دارد و در سال ۲۵۰ روز دارای عمقی بیش از ۱٫۶۰ متر است و طی فقط ۱۴۰ روز دو متر عمق دارد.

1. Agnes Island

۲. Selly Iles مجموعه‌ای متجاوز از ۱۵۰ جزیره، نزدیک کناره‌های جنوب غربی انگلستان.

چنانچه ظرفیت یک کشتی، معین و آب‌نشین آن زیاد باشد برای حرکت باید در انتظار عمق کافی آب بماند. درگذشته برای مسافرت از آرل به لیون در زمستان، ۲۸ تا ۳۰ روز انتظار می‌کشیدند.

کشتی در مدت طغیان آب هم معطل می‌ماند، زمانی‌که جریان آب بسیار شدید و حرکت علیه جریان آب بسیار دشوار بود. در همه فصول سال، جریان آب رون همیشه سرعتی دارد که حرکت علیه آن نیازمند انرژی بسیار است. برای برطرف‌سازی این مانع، قایق را به اسب یا گاو می‌بستند. در دورانی نزدیک به ما دیده شده است که ۳۰ یا ۴۰ اسب، ردیفی از ۶ قایق به ظرفیت ۳۰۰ یا ۴۰۰ تن را پیش می‌کشیدند.

رودخانهٔ لوار تا سدهٔ نوزدهم راه ارتباطی مهمی به‌شمار می‌آمد، اما نامرتب بودن مقدار آب آن سبب می‌شد که کشتیهای دارای عمق آبخور کم و کرجیهای دارای کف صاف با بادبانهای چهارگوش با استفاده از باد موافق بتوانند از آن بگذرند. لوار رودخانه‌ای پررفت‌وآمد بود: از فوره[۱]، چوب از شاروله[۲] و بوربونه فراورده‌های کشاورزی، از بوس غلات و انواع شرابها و در برگشت از امریکا مقداری از محصولات آن دیار آورده می‌شدند. مسافران هم از این راه استفاده می‌کردند. ازجمله می‌توان از پیله‌وران و زائران نام برد. فرانسوای اول از بلوا تا آمبواز با قایق آمد. در سدهٔ هفدهم هم مادام دو سوینیه[۳] این مسیر را طیّ کرد، کالسکه او را بر کلکی حمل کردند.

لایه‌های شن متحرک، مزاحم عبور کشتیها بود و بستر رودخانه را جابه‌جا می‌کرد؛ در هر جا که آب بسیارکم‌عمق و یا بسیار ساکن بود بایستی توقف می‌کردند و در ساحل رودخانه، مدتی در چادر زندگی می‌کردند. برای رفتن از اورلئان به نانت می‌بایست ده روز یا بیشتر طی طریق می‌کردند.

امتیازات اقتصادی راههای آبی: راههای آبی در مقایسه با راههای زمینی، مزایای چشمگیر دارند: کشتی می‌تواند بسیار زیادتر از دلیجان یا ارابه بار حمل کند؛ از نظر اقتصادی هم باید گفت که در راههای آبی هزینه بسیار کمتر است؛ می‌توان نیروهای لازم برای کشش ارابه‌ها و کشتیها را نیز با یکدیگر مقایسه کرد.

درگذشته گفته شد که نیروی لازم برای کشش یک ارابه چقدر است. در راههای دارای روکش بسیار خوب (که در آن زمان نادر بودند زیرا روکشکاری خوب تنها در بزرگراههای اطراف ورسای انجام گرفته بود) برای کشش یک تن، نیرویی برابر ۲۰ کیلوگرم لازم بود. در یک کانال این مقدار نیرو

---

۱. Forez ارتفاعاتی بین لوار و آلیه و دشت فوره، لوار از میان آن می‌گذرد.

۲. Charollais فلاتی در حاشیه شمال شرقی ارتفاعات مرکزی فرانسه.

۳. Mme de Svigné ۱۶۲۶ـ۱۶۹۶ ماری دو رابوتن-شانتال، مارکیز دو سوینیه، نویسندهٔ فرانسوی زن، نامه‌های وی به دخترش، حدود ۱۵۰۰ نامه، از نظر زیبایی کلام و لطایف ادبی از شاهکارهای زبان فرانسه است.

به ۰٫۵ کیلوگرم کاهش می‌یافت، و در یک رودخانهٔ عریض و به‌اندازهٔ کافی عمیق به ثلث و ربع کیلوگرم سقوط می‌کرد. وانگهی خود وزن وسیله را باید در حساب آورد. در هر ارابه، این وزن تقریباً برابر باری بود که حمل می‌کرد.

در روی یک رودخانه، یا بهتر در یک کانال، کشتی‌ساز که نگران فشاری که امواج بر روی کشتی وارد می‌آورند نیست، می‌تواند کشتی را بسیار سبکتر بسازد و این سبکی در کشتیهای فلاماندی به‌حد ۱۵٪ محمولهٔ کشتی می‌رسید؛ بدین‌ترتیب از نیروی کشش بیشترین استفاده به‌عمل می‌آید، و بار مرده (بار ثابت) به‌حداقل می‌رسد. برای نمونه یک کشتی باری ۲۸۰ تنی را در نظر بگیرید که بار مردهٔ آن ۴۲ تن است. وزن کلی ۳۲۲ تن باید به پیش رانده شود. اما برای حرکت ۲۸۰ تن کالا دو اسب مورد نیاز است، درحالی‌که کشش چنین باری در بزرگراهها مستلزم صدها اسب می‌باشد؛ بدین‌ترتیب توضیح این امر بسیار ساده است که چرا حمل‌ونقل آبی با وجود آهستگی حرکت و بی‌نظمیهای جریان آب ادامه‌یافت.

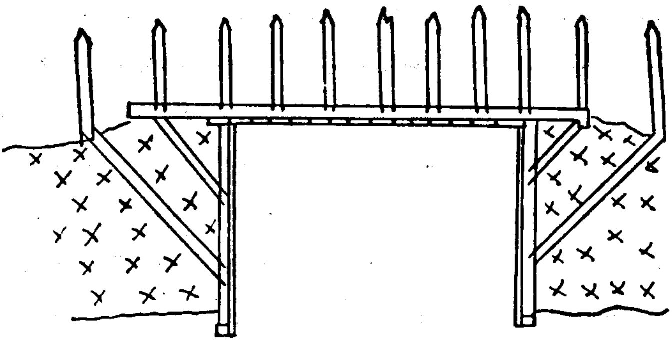
منظم کردن راههای آبی: درگذشته به تلاشهایی که برای منظم کردن آب در رودخانه‌ها و شاخه‌های آنها انجام می‌گرفت، اشاره شد. در نظر بود با این اقدامات بتوان از راههای آبی به مکانهای دورتری سفر کرد. در زمان شارل هفتم مسیر رودخانهٔ اور اصلاح شد. شرکتهای فعالی دست به‌کار حمل‌ونقل از شاخابه‌های رودخانه‌های رون، اووز[1] و آردش[2] شدند. در آن زمان رودخانه آردش کمتر از امروز سیلابی بود، زیرا اکنون جنگلهای حوضهٔ آن از میان رفته است.

ساختن آب‌بندها نیز سبب بهبود کشتیرانی شد، زیرا جریان آب، منظم گردید و از سرعت آن نیز کاسته شد و عمق آب ثابت ماند. اختراع آب‌بند گویا از ونیز بوده است و از آنجا در مدت کمی (سدهٔ پانزدهم) به هلند رسید و هلندیها از آن سود جستند. نخستین دریچه می‌بایست از چوب با پایه‌های چوبی در آب و کف‌بند آن‌هم از چوب ساخته شده باشد. (شکل ۱۶۶).زمانی‌که سستی دیواره‌های چوبی دریچه‌ها معلوم شد، آن را با مصالح بنّایی ساختند که باز بر روی کف‌بند چوبی قرار داشت که بر پایه‌های چوبی استوار بود.

در ۱۵۰۰ـ۱۵۰۱ پس از جنگ لویی دوازدهم با لودوویکو مورو[3]، لئوناردو در فلورانس سکنی گزید و در آنجا درپی اصلاح آرنو برآمد؛ او درصدد بود که این رودخانه را در فاصلهٔ بین پیسا و

1. Ouvéze 2. Ardéche

۳. Ludovico Moro ۱۴۵۲ـ۱۵۰۸، دوک میلان که لویی دوازدهم پادشاه فرانسه در سال ۱۵۰۰ آن را شکست داد و به اسارت گرفت.



شکل ۱۶۶.آب‌بند چوبی روی تیرهای چوبی، باکف‌بند چوبی (سدهٔ پانزدهم).

فلورانس قابل کشتیرانی سازد. او فکر کرد که بین دو کانال میلان رابطه‌ای ایجاد کند و برای این کار از آب‌بندهای مجهز به دریچه‌های گردان استفاده شود، و زمانی‌که در فلورانس مقیم شد، ناچار در مورد طرحهای احتمالی به رودخانهٔ لوار نیز مورد مشورت قرار گرفت.

در این‌هنگام مقامات حکومتی در بریتانی در کار مرتب کردن جریان رودخانهٔ ویلن بودند تا اینکه همهٔ کشور را از طریق ردون[1] به دریا متصل سازند. مهندسی که درصدد بود همین کار رابر روی ماین[2] انجام دهد و در کار خود توفیقی نیافته بود، برای انجام این کار فراخوانده شد. حدود سال ۱۵۴۰ کارها شروع شد، اما با تقاضاهای بی‌شمار مالکین کناره رودخانه روبه‌رو شد. یک ایتالیایی با نام بارتولوتسو[3] و چند هلندی برای ساختن آب‌بندهای چوبی شریک شدند لیکن این آب‌بندها نتوانستند در برابر فشار آب بایستند. یکی از اهالی آنژه نیز بنوبهٔ خود در این کار کوشید، اما موفقیتی نیافت. یک ایتالیایی مهندس دو سد با مصالح بنّایی ساخت، اما نخستین طغیان آب آنها را با خود برد.

پس از چندین کوشش دیگر، شرکتی تأسیس شد و در سال ۱۵۷۵ هانری سوم بدین شرکت اجازه داد که ده‌آب بند از نوع آب‌بند مونس (که تا سال ۱۸۴۰ برپا بود) براساس امتیاز سی‌ساله بسازد. از سال ۱۵۸۵، که تاریخ پراهمیتی برای کانالیزاسیون ویلن است، کشتیرانی تأمین شد.

۱. Redon ناحیه‌ای در ایل‌ـ‌ویلن، درکنار رودخانه ویلن در فرانسه.

۲. Mayenne شاخابه‌ای در ولایت ماین فرانسه، که به رودخانه سن می‌ریزد.

3. Bartolozo

کانال‌سازی: این اندیشه رایج که کشتیرانی درکانالها فواید فراوانی دارد، طرحهای متعددی را سبب شد. هنوز سلطنت به هانری چهارم نرسیده بود که مردم از امتیاز این کشتیرانی مستفیض شدند. فرانسویان از کارهای هلندیها و فلاماندیها، که شهرهای خود مثلاً اوستاند-بروژ، و بروکسل-آنورس را به یکدیگر مرتبط کرده بودند، تقلید نمودند.

سولی در این‌باره چندین طرح داشت که از آن‌میان طرح اتصال سن به لوار از طریق لوونی[1] بود. این کار کمی پیش از مرگ شاه شروع شد و بعدها ریشلیو آن را به پایان رسانید. این کانال را که مهندسانی با نامهای بوترون[2] و گیون[3] به انجام رسانیدند، از منطقهٔ بریار شروع می‌شود و از شاتیون-کولینیی[4] و مونتارژی[5] می‌گذرد و به لوونی می‌پیوندد که در بلندیهای موره[6] وارد سن می‌شود. این نخستین کانال دو شیبی بود که از تپه‌ای که حوضه‌های دو رودخانه را از یکدیگر جدا می‌ساخت، می‌گذشت. برای تغذیهٔ این کانال، سازندگان روی هفت برکه‌ای حساب می‌کردند که در نقطهٔ تقسیم آب قرار داشتند. با این همه در خشکسالیها، آب برای کارهای روزمره کافی نبود.

اهمیت زیاد نفس اتصال سن-لوار، ایجاب می‌کرد که این اتصال به‌طور مطمئنتری انجام گیرد. لویی چهاردهم به برادر خود دوک دورلئان امتیاز ساختن کانال دیگری را که از لوار در مجاورت اورلئان شروع می‌شد و در مونتارژی به کانال نخستین متصل می‌گردید، واگذار کرد. دوک دورلئان برای پرهیز از عمق کم‌آب لوونی در خشکسالیها، دستور داد که در طول لوونی کانال دیگری از سپوا[7] (نزدیک مونتارژی) تاموره حفر کنند. این کار در سال ۱۷۲۴ به پایان رسید و اتصال لوار به سن قطعی و بدون خطر گردید.

در ۱۶۲۶ الیزابت-اوژنی[8] نایب‌السلطنه هلند دستور داد که برای اتصال رودخانه‌های راین به موز کانالی حفر شود تا کالاهای آلمانی از طریق آن به برابان آورده شود. بدین‌ترتیب رفت و آمد از راههای آبی هلند انجام می‌گرفت. اسپینولا[9] و کنت دو برگ[10] که کارها به‌دست آنها بود، از آن در برابر حملات پرنس دورانژ[11] به کارگاه ۲۴ لشکر سراپا مسلح دفاع می‌کردند. درواقع پرنس دورانژ چندین‌بار دست به حمله زد، اما نتوانست از به پایان رسیدن کانال جلوگیری کند.

---

۱. Loing رودخانه‌ای در حوضهٔ پاریس.

2. Bouterone 3. Guyon

۴. Chatillon-Coligny شهری در منطقهٔ لواره، ناحیهٔ مونتارژی، کنار رودخانه لوونی.

5. Montargio 6. Moret 7. Cépoi 8. Elisabeth-Eugénie 9. Spinola 10. Conte de Berg 11. Prince d'Orange

ساختمان کانال میدی: یکی از مهمترین کارهای سدهٔ هفدهم، که معجزه‌آسا پایان خوبی داشته است، ساختن کانال لانگدوک است که دریای مدیترانه را به گارون و از راه آن به اقیانوس اتصال می‌دهد. زمانی‌که پیراپل ریکه دوبون ریو[1] با تسطیح زمین ملک خود توانست این طرح را تهیه کند، این اندیشه تا اندازه‌ای کهنه شده بود. این طرح شامل گذر از قله نوروز[2] در لوراگه[3] بود که بیش از ۱۹۵ متر بالاتر از دریای مدیترانه قرار داشت و اتصال به گارون در منطقه‌ای که ارتفاع متوسط آن ۶۰٫۴۰ متر بالاتر از آن قله است.

این طرح در زمینهٔ تعیین ارتفاعات مقاطع مختلف مورد بررسی دقیق قرار گرفت و قسمتهای زیر در نظر گرفته شدند:

۹۶۳۱۵ تواز بین نوروز و برکهٔ تو[4]، که از راه ست[5] به مدیترانه می‌رسد؛ ۲۹۳۶۶ تواز بین نوروز و گارون، که بر روی هم ۱۲۵۶۸۱ تواز یا ۵۰٫۵ لیو (هر لیو ۴۸۷۰ متر) می‌شود.

برای جبران این پستی و بلندیها، لازم بود در شیب مشرف به مدیترانه، ۷۴ آب‌بند و در شیب مشرف به تولوز ۲۶ آب‌بند ساخته شود و بر روی هم می‌بایست ۱۰۰ آب بند ساخته شود که هر یک ۲٫۶ متر آب را پایین می‌آوردند.

چندی نگذشت که ریکه به دشواریهای جدی برخورد که ناشی از مالکین زمینهایی بود که کانال از میان آنها می‌گذشت. کلبر دخالت کرد تا لویی چهاردهم فرمان صادر کند (اکتبر ۱۶۶۶) که طبق آن همهٔ مصادره‌ها و پرداخت غرامتها به‌عهدهٔ خود شاه باشد و «این کانال ارتباطی همچون یک کار شاهانه ایجاد می‌شود.» بدین‌ترتیب راه کار هموار شد و کاری که رسماً در ۲۹ ژوئیه سال ۱۶۶۶ با گذاردن نخستین سنگ در ست آغاز شده بود، در ماه مه سال ۱۶۸۱ پس از پانزده‌سال به پایان رسید. ریکه در جشن پایان کار حضور نداشت، زیرا در سال ۱۶۸۰ فوت کرده بود و منافع کانال را به «آقایان بون رپو و کنت دوکارامان[6] پسران شایسته‌اش» واگذاشته بود. درآمد کانال را شاه طبق نوشته‌ای برای همیشه به ریکه و اعقاب او واگذاشت.

بهای تمام شدهٔ کانال ۱۴ میلیون پوند بود. کلبر دستور داد که نیمی را شاه و نیم دیگر را دولتهای لانگدوک بپردازند. اما ریکه ناچار مقدار قابل‌توجهی پول از خود و همهٔ سرمایهٔ خانوادهٔ خود را روی این طرح هزینه کرده بود. پس از گفت‌وگوی شدیدی، اجازهٔ بهره‌برداری از کانال به ریکه و خانوادهٔ او

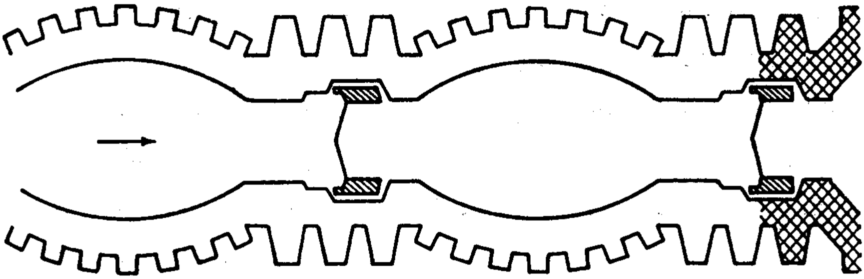
1. P.P. Riquet de Bonrepos 2. Naurouze

۳. Lauraguais منطقه‌ای بین لانگدوک سفلی و حوضهٔ آکیتن.

4. Thau

۵. Cette یا Séta منطقه‌ای در ارو در حوضهٔ مونپلیه.

6. Caraman



شکل ۱۶۷.مخزنهای بیضی شکل آب‌بندهای فونسران بر روی کانال میدی.

سپرده شد و آنها حق داشتند در اطراف کانال انبارهایی برپای دارند و نیز مؤسسات کشتی‌سازی ایجاد کنند.

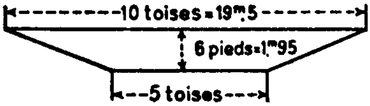
کاری که انجام گرفت تحسین همگان را برانگیخت. یکی از دلایل مسرت مردم این بود که در جنب کاری که ریکه به‌عهده گرفته بود، لازم بود که کارهای متعدد و مهم دیگری نیز انجام گیرد که از آن‌میان می‌توان از: آب‌بندهایی نام برد که مهمترین آنها آب‌بند هشت قسمتی فونسران[1] و کانال مالپا[2] بود.

در فونسران، نزدیک بزیه، آب‌بند دارای هشت مخزن بیضوی (شکل ۱۶۷)برای طولی حدود ۳۰۰ متر کار گذاشته شد، این آب‌بند همچون یک پلکان عظیم بود و اختلاف سطحی برابر ۶۶پا، برای هر آب‌بند هشت پا و سه اینچ (۲٫۸ متر) را جبران می‌کرد. در مالپا به‌جای اینکه قله‌ای را دور بزنند، فکر کردند که حفر تونلی به طول ۲۳۴ متر با صرفه‌تر است، با اینکه ناگزیر بودند و دیواره‌های آن را چوب‌بست بزنند، زیرا ممکن بود سنگهای سقف تونل درهم ریزد. طی ده سال چوب‌بست محافظ مورد حملهٔ پوسیدگی بود و ناچار شدند سقف تونل را در طول ۱۵۵ متر با مصالح بنّایی نگاهدارند و دو سر تونل همچون دهانه‌های باز بودند. عرض تونل به‌اندازه پهنای کانال بود که حاشیه‌ای به پهنای ۱٫۳۰ متر برای کشیدن قایق به آن اضافه شده بود.

در شکل ۱۶۸ مقطع کانال آمده است. عمق کانال شش پا بود، پهنای سطح آب ۶۴ پا و درکف کانال ۳۲ پا بود. برای برطرف کردن فشارها، می‌بایست پلهایی (تا پایه‌های آن کانال را نگاهدارند) و تعدادی هم گنبد با دور تمام ساخته شوند. در چنین صورتی عرض کانال قدری تنگ می‌شد (شکل ۱۶۹).

یک کار بسیار مهم این بود که تغذیه کانال تأمین شود و لازم بود آب تا بالاترین سطح در آن

1. Fonséranne 2. Malpas

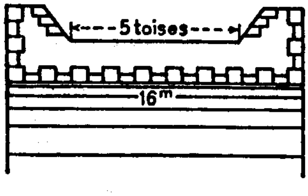


شکل ۱۶۸. مقطع معمولی کانال میدی.

باشد. آقای ریکه منبع نوروز را، که حوضچهٔ هشت ضلعی بزرگی با ابعاد ۲۹۲ × ۳۹۰ متر بود، ایجاد کرد. نهرهای متعددی از جمله سن فاریول[1] (یا فرئول) در آن حوضچه می‌ریختند. این منبع در عین حال مجرای تقسیم آب نیز بود و قایقها از آنجا می‌گذشتند و از خروجی یک آب‌بند وارد مدخل آب‌بند دیگر می‌شدند.

ریکه یا تعبیهٔ آبریزهایی در مجاری تغذیه کانال، نهرهای متعددی را در طول کانال وارد آن کرده بود و کانال همواره پرآب بود. بیست سال که از کار کانال گذشته بود که معایب این سیستم خود را نشان دادند: رسوبهای آبرفتی وارد کانال، و بویژه حوضچهٔ نوروز شدند و این حوضچه با لجن تقریباً پر شد. مشکلات زیادی، بخصوص در گذشتن قایقها در حوضچه پدید آمد، زیرا بزرگی حوضچه سبب می‌شد که باد، آبهای آن را متلاطم سازد و برای عبور قایق خطرآفرین می‌شد. اینکه قایقرانی در چنین حجم کوچکی از آب خطر داشته باشد، گرچه به شوخی می‌ماند، اما واقعیتی بود. نباید فراموش کرد که در کانال، به‌علت سکون آب از قایقهای بسیار سبک با بار زیاد استفاده می‌کردند و بدین علت کمترین تلاطمی آنها را واژگون می‌ساخت.

ووبان در آغاز سدهٔ هجدهم تجدیدنظری در طرح به‌عمل آورد و بر روی کانال، برای حفظ آن در برابر آبهایی که اجسام بزرگ را با خود می‌آوردند، موانع و آکدوکهایی گذاشت و فکر لایروبی منبع



شکل ۱۶۹. مقطع پل کانال.

1. Saint-Fariol یا Ferréol

نوروز را به کناری نهاد و به‌جای کشتیرانی از معبری با ابعاد معمولی، که حوضچه را دور می‌زد را مطرح کرد. مقدار آب این معبر، که اینک به مجرای تقسیم تبدیل شده بود، آن اندازه بود که جریان آب را در آب‌بندهای هر دامنه تأمین کند.

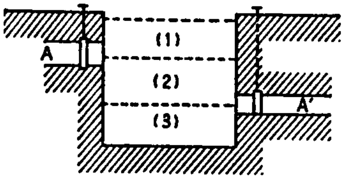
تأمین آب لازم، باز بوسیلهٔ همین منبع سن فاریول ادامه یافت. سدی با ارتفاع ۱۰۰ پا منبعی را به‌وجود آورد که مساحتی حدود ۱۳۰ ایکر را می‌پوشانید. آب این منبع از طریق تعدادی شیرهای مسین‌بزرگی تأمین می‌شد که در مجرایی ریخته می‌شدند، این مجرا پس از طی ۱۴ لیو lieue (هر لیو حدود ۴ کیلومتر)، از مونتانی نوار، منبع سن فاریول را تغذیه می‌کرد. ذخیره آب منبع سن فاریول به‌حدود ۷/۵ میلیون مترمکعب می‌رسید. بدین‌ترتیب کار ریکه سرانجام در پرتو این کار آخری، بوسیله ووبان، این مهندس بزرگ، پایان پذیرفت.

آب بند بوئزین: جالبترین طرح سدهٔ هفدهم طرحی ازکانالیزاسیون فلاماندی است: آب‌بند بوئزین[1] در ۱۶۴۳ در فورن[2] بر روی کانال ایپر گذاشته شد. این کانال، سبب اتصال کانال ایزر (نزدیک دیکسمود)[3] با نیوپورت[4] بود (خط دیکسمود- ایپر در جنگ ۱۹۱۴-۱۹۱۸). بلیدور آن را زیباترین آب‌بندی می‌داند که تاکنون دیده است.

این آب‌بند ۳۹ متر طول و ۶/۵ متر پهنا دارد، تفاوت سطح آب در آن ۶ متر است و حال آنکه «قاعدتاً» چنین آب‌بندی تنها ۲/۵ تا ۳ متر سطح آب را تغییر می‌دهد. مهندسی با نام دوبیه[5] که در آن هنگام شهرت داشت، تغییر سطح به اندازهٔ شش متر را با یک آب‌بند تحقق بخشید. این آب‌بند با مصالح بنّایی با استحکام تمام ساخته شد و کف‌بند آن بوسیلهٔ یک پنجرهٔ چوبی نیرومند که بر روی پی بنّایی مستقر بود، نگاهداری می‌شد.

ویژگی این طرح وجود حوضچه‌های ذخیرهٔ آب در کنار آب‌بند است. مجرای بین هتساس[6] و ایپر مجرای تقسیم بین کانالی است که به طرف ایزر می‌رود و شاخه‌ای است که به جنوب ایپر می‌رود. شایسته بود که برای توسعهٔ این کانال بطرف جنوب اقدامی به‌عمل آید، اما ساختمان آب‌بندها عملی نبود. در این تفاوت خاک که تقریباً آبرفتی گلی است، بلوکی که بوسیلهٔ آب‌بندی تشکیل شد نوعی شناور را به‌وجود آورد که در اثر فشار آب تغییر جا می‌داد. وانگهی این کانال در ایپر به نوعی بن‌بست برخورد. در این محل مرتفع، تغذیه کانال با آب در فصول خشک، کار دشواری بود. چون سفرهٔ سیراب به سطح زمین بسیار نزدیک است، زمینهای اطراف محل پرآب است. لیکن این آب سطح پایینی دارد و لازم است که آبی در سطح مجرای آب‌بند وجود داشته باشد. دوبیه توانست

1. Boesinghe 2. Furnes 3. Dixmude 4. Nieuport 5. Dubié 6. Hetsas



شکل ۱۷۰.آب‌بند دارای حوضچه‌های ذخیرهٔ آب.

دوسوم آبی را که در هر یک از عملهای آب‌بند هدر می‌رود، صرفه‌جویی کند.

معماران پرنبوغ، روی این محل مرتفع دو حوضچه با دو ارتفاع مختلف ساخته‌اند. برای تخلیه آب‌بند، به‌جای اینکه همهٔ آب آن را به‌سوی مجرای خروجی روانه کنند (شکل ۱۷۰ را ببینید)،آب را به کمک آکدوکی که چند دریچهٔ کشویی دارد (A) از یک‌سوم بالایی (۱) به حوضچه ذخیره هدایت می‌کنند، همینطور یک‌سوم دوم را با آکدوک دوم (A′) در حوضچه‌ای که کمی پایینتر است، وارد می‌کنند تنها یک‌سوم پایینی به مجرای خروجی کانال رانده می‌شود.

برای اینکه از نو آب‌بند پر شود دو حوضچهٔ ذخیره می‌توانند قسمتهای (۲) و (۳) را پر کنند و تنها قسمت (۱) خالی می‌ماند که با یک‌سوم حجم آب‌بند می‌توان آن را پر ساخت.

با اینکه کانالسازی در سده‌های هجدهم و نوزدهم به اوج پیشرفت خود دست یافت، اما مهندسان اوایل و اواخر سدهٔ هفدهم نشان دادند که در رشته هیدرولیک اطلاعات کافی دارند.

پیوست فصل

اندازه، گنجایش و ظرفیت کشتیها

در فصل گذشته بارها دربارهٔ اندازه‌های کشتیها با اشاره به ظرفیت آنها صحبت کردیم. در این مورد ابهامات زیادی حکمفرماست؛ واژه‌های ظرفیت و تن را در مقادیر و تعبیرهای کنونی آن، معمولاً نادرست به‌کار می‌گیرند. مقدار جابه‌جایی کشتی که برپایهٔ اصل ارشمیدس برابر وزن کلی جسم شناور است، نیز گاهی با مقدار ظرفیت که با گنجایش کشتی سروکار دارد مشتبه می‌شود.

مفهوم جابه‌جایی، مفهومی تازه است. برای اینکه حجم آب جابه‌جا شده معلوم شود، می‌بایست حجم جسمی که شکل پیچیده‌ای دارد اندازه گرفته شود، کاری که تا سده‌های هفدهم و هجدهم از توان کشتی‌سازان بیرون بود. دربرابر، مفهوم وزن کالا که در انبار کشتی گذاشته می‌شد برای هرکس شناخته شده بود و این ارتباط به‌کاربرد اقتصادی کشتی و مقدار کرایهٔ آن داشت.

اندیشهٔ این واحدها در جهان باستان لزوماً وجود داشته است، وجود کشتیهایی که از سواحل پونتوس ائوکسینوس[1] (دریای سیاه) گندم بار می‌زدند، و یا از آن‌سوی مدیترانه شراب و روغن وارد می‌کردند، براثر کشتیهای غرق شدهٔ آنها در سواحل و نیز نوشته‌های قدیمی که آمارهایی از آنها ثبت کرده‌اند، بر ما مسلم است. از این نوشته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که یک کشتی متوسط که از هلسپونت[2] (داردانل) می‌گذشت، می‌بایست حدود ۲۵۰ تن بارزده باشد.

گندم را به‌طور فله یا در گونی حمل می‌کردند، درحالی‌که در همان زمان برای حَمل شراب

1. Pontus Euxinus 2. Hellespont

از خم استفاده می‌شد. خمها ظرفیتی تقریباً یکسان داشتند: خمهای یونانی ۲۰ لیتر، و خمهای ایتالیایی ۲۶ لیتر.

برای تعیین حجم داخلی کشتی می‌توان از تعداد خمهایی که بار زده است، استفاده کرد؛ مثلاً یک کشتی ۱۰۰۰۰ خمی که هر خم آن ۲۶ لیتر باشد، ۲۶۰ تن شراب حمل کرده است.

طی دوران باستان و نیز قرون وسطی، تنها از خم استفاده می‌شد و گنجایش آن را می‌شد به‌عنوان واحد حجم پذیرفت. بنابراین شگفتی‌آور نیست که در اندازه‌های اولیهٔ انگلیسی، ما می‌بینیم که ۸۰ خم شراب را برابر یک تن می‌شمردند.

هر خم برابر بود با:

$$\text{۰٫۵ پای مکعب} = \frac{\text{۲۸٫۳۱۶}}{\text{۲}} \text{دسیمتر مکعب} = \text{۱۴٫۱۵ کیلوگرم شراب}$$

هشتاد خم برابر بود با: $\text{۸۰} \times \text{۱۴٫۱۵} = \text{۱۱۳۲ کیلوگرم}$

و این تن دریایی بود که برابر ۴۰ پای مکعب می‌شد.

در قرون وسطی این خمها جای خود را به بشکه‌های چوبی دادند و بشکهٔ چوبی واحد ظرفیت شد. از آن پس، بشکهٔ چوبی برای تعیین ظرفیت (داخلی) کشتی، واحد شمرده می‌شد. اما چگونه این ظرف توانست خود را همچون واحد اندازه‌گیری در انگلستان و فرانسه تحمیل کند؟

ما گفتیم که از زمان باستان، دادوستد شراب عامل مهمی در اقتصاد جهانی بود و در آغاز قرون وسطی در بازرگانی انگلیس و بوردو، مدل اندازه‌گیری ظرفیت شد. علت دیگر آن بود که یک کشتی پراز بشکه‌های شراب، نمونهٔ اغلب کشتیهای باری بود. بشکه‌ها که بخوبی چیده شده بودند، انبار کشتی را کاملاً پر کرده بودند و دقیقاً باری بودند که کشتی را در خط آبخور معمولی خود قرار می‌دادند.

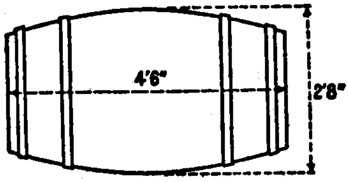
بدین‌ترتیب نخستین اندازه‌گیری انگلیسی ظرفیت، شامل واحدی به نام تون tun بود که شامل دو پایپ pipe بود و یا تن شامل ۱۵۱ گالن (شکل ۱۷۱، اندازهٔ هر پایپ ۱۲۶ گالن) بود.

برابر متری این تن چقدر است؟ ۲۵۲ گالن، گالنهای شراب ۳٫۷۸۵ لیتری است، بنابراین هر تن برابر:

$$\text{۲۵۲} \times \text{۳٫۷۸۵} = \text{۹۵۴ کیلوگرم}$$

گالن کشورهای متحدهٔ امریکا همیشه ۲۳۱ اینچ مکعب بوده است، درحالی‌که گالن انگلیس برابر ۱۰ پوند اوردپویز یا ۴٫۵۴۶ لیتر است که آن را گالن وینچستر[1] می‌نامند.

1. Winchester



شکل ۱۷۱.بشکهٔ انگلیسی.

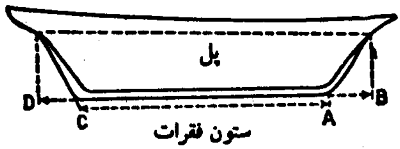
بشکهٔ بوردو که ۱/۴ تن فرانسه بود؛ برابر ۲۴۴/۷۵ لیتر می‌شد و ۱/۲ پایپ انگلیسی برابر ۲۳۸/۵ لیتر بود. این دو اندازه بسیار نزدیک به یکدیگر بودند و کاملاً نمایان است که به بشکه بوردو مربوط می‌باشند.

خمهای قدیم روی یکدیگر، در دو یا سه ردیف چیده می‌شدند و در بسیاری از کشتیهای غرق شده در سواحل مدیترانه چنین ترتیبی دیده شده است. با این‌همه بهترین شکل بارزنی کشتی این بود که محور آنها در وضع افقی قرار گیرد، زیرا در این وضع، با غلطانیدن، می‌توان آنها را جابه‌جا کرد.

انبار کشتی شکل نامنظمی دارد و هندسی نیست. برای اینکه دانسته شود هر انبار گنجایش چند بشکه را دارد، تجربه لازم است. در سال ۱۵۸۲ از ماتیو بیکر خواسته شد تا کار آزمودگی خود را نشان دهد. او متوجه شد که یک کشتی، مثلاً آسانسیون باید ۳۲۰ پایپ جابگیرد و چون هر دو پایپ برابر یک تن می‌شود، بنابراین ظرفیت آن ۱۶۰ تن است آن‌گاه مسأله، تبدیل به یافتن راهی عمومی برای تعیین ظرفیت کشتیها شد. با در نظر گرفتن اینکه در این زمان شکل کشتیها مشابه یکدیگر بود و ابعاد آنها در تناسب با یکدیگر؛ بنابراین تنها عامل لازم برای حل مسأله، تبدیل کردن حجم انبار کشتی به حاصل‌ضرب سه بعد: طول، عرض و ارتفاع انبار بود.

در مورد کشتی آسانسیون که ستون فقرات آن ۵۴ پا، عرض آن (نوار داخلی) ۲۴ پا و ارتفاع انبار آن ۱۲ پا می‌باشد گنجایش آن: پا ۱۵۵۵۲ = ۱۲ × ۲۴ × ۵۴ و برای اینکه ۱۶۰ تن ظرفیت داشته باشد، تجربه به ما می‌گوید که فقط کافی است رقم بالا را به ۹۷ و ۱/۵ تقسیم کنیم. آقای بیکر مقسومٌ علیه ۱۰۰ را در مورد قاعدهٔ ظرفیث پیشنهاد کرد (این قاعده در سال ۱۵۸۸ کمی اصلاح شد).

درانگلستان روش دیگری برای اندازه‌گیری رسم بود. این روش بر پایهٔ تون ژ ظرفیتی بود که با افزودن ۱/۳ اندازهٔ نخستین به‌دست می‌آمد، که مقدار واقعی باری است که کشتی می‌تواند حمل کند.



شکل ۱۷۲. ابعاد کشتیها.

آیا همهٔ ظرفیتها با یکدیگر قابل مقایسه هستند؟ چنانچه اندازه‌گیری ابعاد با یک روش انجام گیرد، نتایج قابل مقایسه‌ای خواهند داشت. اما در عمل (شکل ۱۷۲) می‌بایست در مورد روش اندازه‌گیری توافق کرد.

دربارهٔ کشتیهایی که در کارگاه هستند باید گفت که طول ستون فقرات کشتی را آسان می‌توان اندازه گرفت. اما کشتی از جلو و از عقب پیشامدگیهایی دارد (C,D. . . A,B در شکل ۱۷۲). در دوران مورد بحث ما، نقشه‌هایی از خط آبخور کشتی، که نشان دادن آن روی بدنه، مشکل دیگری بود، در دست نیست. اندازه‌گیری طول یا با افزودن طول ستون فقرات با مقداری قراردادی (مقدار طول برحسب ظرفیت در انگلیس)، یا با اندازه‌گیری طول پل توپخانه، که به خط آبخور کشتی بسیار نزدیک است، عملی شد.

چهل و شش سال پس از تجربهٔ بیکر، سازندگان کشتی ریور River (کشتی‌سازان تمز) درخواست کردند که به‌جای مقسومٌ علیه ۱۰۰، مقسومٌ علیه ۹۴ پذیرفته شود و پهنا را از بیرون از تخته‌بندی کشتی اندازه بگیرند. بدین‌ترتیب به‌هنگام فروش کشتی براساس ظرفیت آن، افزایشی برابر ۲۰٪ به‌دست می‌آوردند، اما شاه که می‌بایست حرف آخر را بزند قاعده آقای ماتیو بیکر را مجری داشت.

اندازه ظرفیت کشتی در کشورهای دیگر با قواعد مرعی در انگلستان مطابقت نداشت. اسپانیاییها دلایل انگلستان را برای کاربرد بشکهٔ بوردو نداشتند، این بشکه‌ها عنصری در حمل‌ونقل آنها به‌عنوان واحد به‌شمار نمی‌آمدند. آنها ارقامی را که بیشتر به وزن بار کشتی مربوط می‌شد، پذیرفتند و در مورد ناوهای جنگی، ۲۰٪ به این رقم می‌افزودند.

بنابراین در زمان جنگ با آرمادای بزرگ، ظرفیت کشتیهای انگلیس یا اسپانیا، مفهوم واحدی نداشتند، براساس سیستمهای مختلف اندازه‌گیری، در سال ۱۵۸۷ براساس قاعدهٔ بیکر، ناو دردنوت[1] ۳۶۰ تن ظرفیت داشت و بنابر اصلاحی که در سال ۱۵۸۸ در این قاعده به‌عمل آمد، ظرفیت آن را ۴۰۰ تن پذیرفتند. بنابر اندازه‌گیری اسپانیاییها، این کشتی را باید ۴۷۸ تنی و اگر یک کشتی

1. Dreadnought

جنگی باشد، آن را باید ۵۷۴ تنی به‌شمار آورد.

در سدهٔ هفدهم، قواعد اندازه‌گیری تا حدی دقیقتر شدند. در نیمهٔ نخست این سده، فورنیه در کتاب خود که عنوان *Hydrographie universelle* داشت (۱۶۴۳، نشر آن کمی پس از ساختن ناو کورون بود) به نکات باز هم دقیقتری در این محاسبه توجه می‌دهد. او احساس کرد که از نظر اخلاقی ممکن نیست کسی بتواند در مورد مقدار باری که یک کشتی می‌تواند حمل کند، رقم دقیقی بدهد و یا در این‌باره قاعده‌ای کلی پیشنهاد کند (جلد هجدهم فصل ۱۵). با این‌حال درست است که یک‌کشتی ۳۰۰ تنی چنین تعریف شده است: هر کشتی که «اضافه بر وزن خود آن بتواند ۳۰۰ تن آب حمل کند». او فرض کرد که چنانچه انبار کشتی را با آب پر کنیم ۶۰۰ تن آب گنجایش خواهد داشت و جابه‌جایی آن ۶۳۵ تن است.

فورنیه با استفاده از چند عمل ریاضی در مورد ناو کورون به ظرفیت ۱۱۵۲ تن رسید. روش اندازه‌گیری دقیق ظرفیت کشتیها در انگلیس بوسیلهٔ B.O.M[۱] و در فرانسه بوسیلهٔ اوردناس[1] سال ۱۶۸۱ تعیین شد.

مؤسسهٔ B.O.M انگلیس، که در سال ۱۷۷۰ روش آن تکمیل شد ($act\cdot ۱۳, Geo^{III}, C\cdot ۷۴$) فرمول زیر را می‌دهد:

$$\frac{(L - ۳/۵B) \times B \times ۱/۲B}{۹۴}$$

که L طول ستون فقرات کشتی، B عرض آن و ارتفاع انبار هم نصف پهنا گرفته شده است.

مؤسسهٔ اوردنانس فرانسه، ظرفیت را بر اساس واحد ۴۲ پای مکعب قرار داد. پای خطی (پای شاه) که ۳۲۴٫۸ میلیمتر بود، پای مکعب آن ۳۴٫۲۷۷ دسیمتر مکعب می‌شد و ۴۲ پای مکعب برابر ۱٫۴۴ متر مکعب است. این تن قدیمی اندازه‌گیری در فرانسه، از جنبهٔ نظری برابر یک محمولهٔ ۲۰۰۰ پوندی یا ۹۷۹ کیلوگرم در یک فضای ۱٫۴۴ متر مکعب برای چهار بشکه بوردو بود.

حال باید دید که چگونه می‌توان این واحدهای بار را به جابه‌جایی (وزن به تن) کشتی ربط داد؟

بدنهٔ هرکشتی که از جنبهٔ نظری متوازی‌السطوح می‌باشد، برابر یک‌سوم جابه‌جایی آن است؛ بنابراین دوسوم جابه‌جایی آن برای بارزنی در اختیار است (و یال دوکلر بوا)[2]. از آنجا که هر پای مکعب آب دریا، ۷۲ پوند وزن دارد؛ نتیجه می‌گیریم که بدنهٔ کشتی حجمی برابر ۲۸٪ برای ۲۰۰۰

1. Ordonnance ۱. B. O. M.=Builders Old Measurement 2. Vial du Clairbois

پوند دارد.

$$۲۸ \times ۷۲ = ۲۰۰۰$$

نتیجه می‌شود که: حجم ۲۰۰۰ پوند آب= ۲۸ پای مکعب

حجم بارزنی ناواوردنانس: ۲۸ × ۲۸ و ۱/۲ = ۴۲ پای مکعب. اما این کشتی به شکل گرد بود و انبار آن تعدادی پایه‌های فضاگیر و غیره داشت. بنابراین محاسبه، کاری از پیش نمی‌برد و یک‌سوم فضای اضافی باید بدان افزود. (تجربه از ماجرایی در انگلستان در سال ۱۶۲۶):

پای مکعب۵۶ = ۴۲و۱/۳ + ۴۲ : فضاگیری واقعی

بارزنی ۲۰۰۰ پوند (یک تن) آب مستلزم دو برابر حجم دقیق مایع است. وزن مخصوص بار،اگر بشکه‌های شراب باشد، ۰٫۵ است.

چنانچه از سوی دیگر، ما به وزن خود بدنهٔ کشتی، وزن افرازش، تجهیزات و لوازم دیگر را اضافه کنیم، وزن‌کلی خود کشتی (همان‌طورکه فورنیه گفته است) برابر وزن بار آن است. بنابراین:

بدنهٔ کشتی، افرازش، غیرهP = ۱/۲P کلی جابه‌جایی

بار P۱/۲اضافه می‌شود.

حجمی از انبارکه مورداستفاده بار قرار می‌گیرد با حجم بدنهٔ کشتی برابر است و چنانچه کشتی مقدار P تن (از ۲۸٪ آب دریا) را جابه‌جا کند، مقدار P تن جابه‌جایی واقعی بوسیلهٔ P/۲ تن بار در حجمی از انبارکه برابر ۵۶ پای مکعب است، خواهیم داشت. با کمک ارقام بالا می‌توان ظرفیت حساب شده را طبق اوردنانس سال ۱۶۸۱ به‌مقدار جابه‌جایی مرتبط ساخت؛ برای کشتیهایی از یک نوع: برای اندازه‌گیری یک تن، حجم انبار با اندازه‌گیری ۴۲ پای مکعب معین می‌شود که مرتبط به ۴۲٫۵۶ تن (۲۰۰۰ پوند) می‌باشد. جابه‌جایی این کشتی دو برابر این وزن است.

تن جابه‌جایی۱٫۵۰ = ۰٫۷۵ × ۲ ;۳/۴۲تن(۲۰۰۰پوندی) = ۴۲/۵۶

بنابراین:

۱، وزن بار به تن: ۳/۴ اندازه‌گیری آن به تن اوردنانس است؛

۲، جابه‌جایی = ۱٫۵ برابر اندازه‌گیری آن به تن اوردنانس است، یا دوبرابر وزن بار کشتی.

این ارقام که از راه فرمولهای اندازه‌گیری تهیه شده‌اند، در ثابت نگاهداشتن قیمتهای اجاره‌کشتی و یا در تعیین مقدار کمکهای نقدی دولت به کشتیها، برپایهٔ ظرفیت آنها، مبنا قرار می‌گرفتند.

از سدهٔ شانزدهم، در انگلستان به کشتیهایی که ظرفیتشان از ۱۰۰ تن بیشتر بود، کمکهایی می‌شد. کشتی‌سازان علاقه‌مند شده بودند که ظرفیت کشتیهایشان کمی بیش از ۱۰۰ تن ارزیابی شود، اما از نقطه‌نظر حقوق بندری صاحبان کشتی میل داشتند کشتی آنها کوچکتر از آنچه هست به‌حساب آید. بنابراین محاسبهٔ ظرفیت کشتی کار مهمی بود و مسؤولان این امر نقش مهمی برعهده داشتند.

در بحث مربوط به ظرفیت کشتیها، بررسی این مسأله نیز گنجانیده می‌شود که مقدار بار در حدودی باشد که در دریا برای کشتی خطر ایجاد نکند. در حقیقت نباید کشتی را از اندازهٔ معین بیشتر بار زد. سازمان دادن به امر تأمین در دریا از طرف دولت در بنادر با شروع جنگهای صلیبی و مسافرت به ارض مقدس به‌وجود آمد. بازرسانی در بندر مارسی (۱۲۵۳ـ۱۲۵۵) و جنوا (آیین‌نامه سال ۱۳۳۰) هر کشتی را که عازم فلسطین بود، مورد بازرسی قرار می‌دادند و مراقبت می‌کردند که مواد آیین‌نامه‌ـبخصوص فضای لازم برای هر مسافر، غذای کافی و غیره تأمین شده باشد. به گفتهٔ اوگوستین یال[1]: «قانون بسیار بخردانه‌ای گذشت که هم به سود ملوانان بود و هم بنفع بازرگانان؛ این قانون شکل کشتیها و نسبت اندازه‌های کشتی را به یکدیگر، با در نظر گرفتن سفری که در پیش داشت و مقدار کالایی که حمل می‌کرد کنترل می‌نمود. آیین‌نامهٔ *Capitulare Nauticum* ونیز (۱۲۵۵) شامل مقررات دولتی در موارد بالاست.»

طبق آیین‌نامهٔ سال ۱۳۳۹، دهم دسامبر، هر کشتی که از بندر جنوا لنگر بر می‌دارد باید سه تسمهٔ آهنی به دور آن کشیده شده باشد. چناچه این شرط رعایت نشده باشد باید جریمه بپردازد (آیین‌نامه ۱۷ مارس ۱۳۴۰). طبق مفاد انکونا (آیین‌نامه دریایی سال ۱۳۹۷) بارزدن بیش از اندازهٔ کشتی ممنوع است و محمولهٔ کشتی نباید در حدی باشد که تسمه‌های آهنی به زیر آب روند. عدم رعایت این ماده جریمه دارد.

آری، مقررات مربوط به عزیمت از بندر به ترتیب بالا شروع شد.

باز هم می‌توان گفت، زمانی‌که اسپانیا دست به‌کار گردآوری ناوگانی برای آوردن ثروت هنگفت از امریکا شد، بازرسیهای سختی را در بندرها به‌عمل می‌آورد (ا. تومازی)[2].

«هر کشتی پیش از عزیمت از بندر بوسیلهٔ بازرسانی که در برابر قضات مسؤول هستند، سه‌بار بازرسی می‌شود (از *Contratacion*).»

1. Augustin Jal 2. A.Thomazi

«چنانچه محموله کشتی خیلی سنگین باشد، بازرس دستور می‌دهد مقداری از بار آن تخلیه شود. برای اینکه حداکثر بار مجاز بدقت معین شود، فرمانی در سال ۱۶۱۸ مقرر می‌دارد که در هر پهلوی کشتی حلقه‌ای از آهن گذاشته شود به‌طوری‌که اگر محموله به حداکثر مجاز خود برسد، حلقه با آب مماس می‌شود.»

«بازرسان مأموریت داشتند ظرفیت کشتی را تعیین کنند. این کار پیچیده با اندازه‌گیری پنج بعد انجام می‌گرفت. این ابعاد با واحد ارش ۵۵ سانتیمتر (یا دقیقتر ۵۵۷ تا ۵۵۹ میلیمتر) معین می‌شد. بر پایهٔ این اعداد از سه طریق اندازه‌گیری ظرفیت کشتی ممکن بود. یک نمونهٔ ارش قانونی در Casa de Contratacion وجود داشت.»

برای اینکه کشتی بارزده، که در بندر هم بازرسی شده است پیش از رفتن به دریا برای گرفتن اضافه‌بار به محل دیگری نرود، اقدامات شدید و احتیاطهای زیادی انجام می‌گرفت.

محاسبهٔ مقدار ظرفیت کشتی نه‌تنها در مورد کشتیهای باری، بلکه در مورد ناوهای جنگی نیز اعمال می‌شد. این کار که در فرانسه تا سدهٔ هجدهم انجام می‌گرفت، در انگلستان تا سدهٔ نوزدهم ادامه داشت.

درواقع باید گفت که در سدهٔ شانزدهم و نیز آغاز سدهٔ هفدهم، ارزیابی مقدار جابه‌جایی یک کشتی کار دشواری بود، زیرا نقشه‌های غیر تفصیلی کشتی‌سازان شامل نقشهٔ پربندی (کانتوری) نبود تا بتوان براساس آن محاسبه کرد. در آن‌زمان برای محاسبهٔ ظرفیت تنها می‌توانستند از اندازه‌گیریها استفاده کنند و این کار درحالی‌که کشتی در آب شناور بود، انجام می‌شد؛ بدین‌ترتیب با اندازه‌گیری ابعاد کشتی و استفاده از فرمولی تجربی ظرفیت به‌دست می‌آمد.

محاسبهٔ تقریبی ظرفیت

فرمول B.O.M انگلیس (صفحهٔ ۵۸۹) محاسبهٔ ظرفیت کشتیها را به‌اندازه‌گیری دو عنصر خطی: طول و پهنا موکول می‌ساخت. اگر بپذیریم که در دوران مورد بررسی این فصل، ابعاد کشتی تقریباً متناسب با یکدیگر باقی ماندند، می‌توان گفت که خود طول کشتی هم تناسبی با پهنا داشت. در این‌صورت فرمولهای تعیین ظرفیت را می‌توان تابعی از یک عنصر خطی دانست، که آن پهنای کشتی است؛ در نتیجه این فرمولها منجر به رابطهٔ زیر می‌شوند:

$$\text{ظرفیت} = (B/A)^3$$

در شروع سدهٔ هجدهم تعدادی از کشتی‌سازان این رابطه را پذیرفتند و آقای کولومب[1]، A را برابر

1. Collomb

۴ فرض کرد، درحالی‌که ظرفیت همیشه برحسب بشکهٔ دارای اندازهٔ معین (اوردنانس ۱۶۸۱)، و طول براساس پا محاسبه و ثبت می‌شد. این امر دلیل بر آن است که کشتی باظرفیت یک تن (معلوم است که یک کشتی مجازی)، پهنایش چهارپا (۱/۳ متر) می‌باشد و ظرفیت کشتیهای دیگر را می‌توان با مقایسهٔ آنها با این کشتی مجازی به‌دست آورد.

این قاعده زیاد دقیق نیست، اما با تقریبی قابل قبول، ظرفیت کشتیها را معین می‌کند. با این قاعده، نه‌تنها می‌توان ظرفیت کشتیهای فرانسه را با مقایسه با آن کشتی مجازی به‌دست آورد، بلکه می‌توان ظرفیت کشتیهای خارجی را نیز تعیین کرد. باید تذکر داد که برای به‌دست آوردن نتایج با اندازه‌های فرانسه (اوردنانس)، می‌بایست پهنای کشتی را براساس پای شاهی فرانسه (۳۲۵ میلیمتر) تعیین کرد.

این روش را ما در زیر روی کشتی کورون، نخستین کشتی که جزئیات و اندازه‌های آن با دقت کافی مشخص شده است، آزمایش کنیم. این اندازه‌ها چنین ثبت شده‌اند:

طول خط آبخور کشتی	۵۴ متر
پهنای کشتی	۱۴/۹۴ متر
آب‌نشین کشتی	۵/۴ متر

فرمول تقریبی ما براساس ۱/۳۰ متر برای یک تن، ظرفیت کشتی را چنین تعیین می‌کند:

$$\text{ظرفیت} = (۱۴/۹۴/۱/۳)^۳ = (۱۱/۵)^۳ = ۱۵۲۰\,\text{تن}$$

فورنیه ظرفیت کشتی کورون را که آن را بار زده در بندر دیده بود، ۱۱۲۵ تن (تن ۲۰۰۰ پوندی) تخمین زده است.

درپی آنچه که ما هم‌اکنون گفته‌ایم وزن محموله، ۳/۴ ظرفیت اوردنانس است:

$$۰/۷۵ \times ۱۵۲۰ = ۱۱۴۰\,\text{تن(۲۰۰۰ پوندی)}$$

این دو رقم با یکدیگر انطباق دارند. مقدار جابجایی این کشتی دو برابر محمولهٔ آن، یا ۲۲۸۰ (یا ۱/۵ برابر ظرفیت آن) می‌باشد.

این ارقام را می‌توان از راههای دیگر کنترل کرد. چنانچه ماسه بعد: طول، پهنا و آب‌نشین کشتی را داشته‌باشیم، متوازی‌السطوح ایجاد شده دارای حجمی است برابر:

$$۵۴ \times ۱۴/۹۴ \times ۵/۴ = ۴۳۵۶/۵$$

که با در نظرگرفتن وزن آب دریا ۴۴۶۰ تن می‌شود. نسبت این عدد با مقدار جابه‌جایی که در قبل حساب شد، ضریب کلی (نسبت حجم آب جابه‌جا شده به حاصل‌ضرب طول × پهنا×آب‌نشین) نامیده می‌شود.

$$\delta = ۲۲۵۰/۴۴۶۰ = ۰{,}۵۰۴$$

این رقم تقریباً دوره یا بدنهٔ کشتی کورون را بدرستی می‌نمایاند.

بدین‌ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که این فرمول تقریبی در سراسر دوران سده‌های شانزدهم، هفدهم و هجدهم، روش بسیار دقیقی برای مقایسهٔ کشتیهای گوناگون، به‌کمک یک بعد، پهنا به‌دست داده است.

کتابشناسی I

BERGIER (Nicolas), *Histoire des grands chemins de l'Empire romain*, 1622.
BERTHOMIEU (Jeanne), *Les routes*, Presses Universitaires de France, Paris, 1959.
BERTY (Adolphe), *Les grands architectes français de la Renaissance*, Paris, 1860.
COLLET (P.), *Notice sur les architectes français du XVI^e siècle*, Paris, 1842.
COLSON (Clément), *Cours d'économie politique*, École des Ponts et Chaussées, Paris, 1902-1903.
DUCLOU (R.), *Les carrosses à cinq sols*, Palais de la Découverte, Paris, 1950.
GALLOTTI (P.), *L'entrepreneur à travers les âges*, Paris, 1921.
GAUTIER (Hubert), *Traité de la construction des chemins tant de ceux des Romains que ceux des Modernes*, 1721.
PALUSTRE (L.), *Architecture de la Renaissance*, Paris, 1892.
SÉJOURNÉ (Cl.), *Grandes Voutes*, t. I à VI, Bourges, 1913.
VAILLE (Eugène), *Histoire des postes jusqu'à la Révolution*, Presses Universitaires de France, Paris, 1948.

کتابشناسی II

حمل‌ونقل زمینی

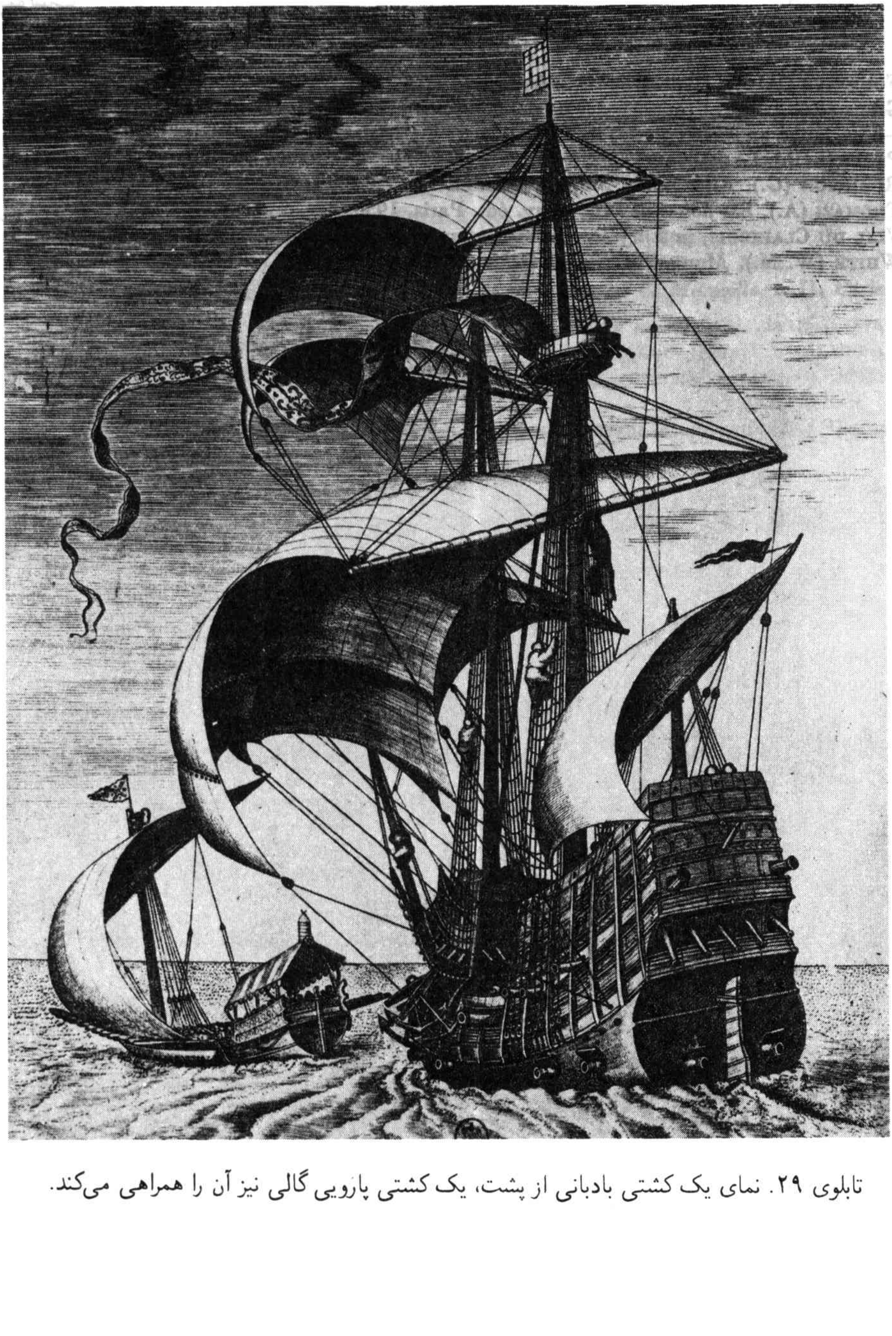
ANTHIAUME (abbé A.), *Le navire. Sa construction en France et principalement chez les Normands*, Paris, 1922.
BÉLIDOR, *Architecture hydraulique*, t. I et IV, Paris, 1770-1782.
BOWEN (J. P.), *British Light houses*, Londres, 1947.
BROCHADO (Costa), *The discovery of the Atlantic*, Lisbonne, 1960.
CADIS (J.), Histoire de l'arsenal marit. de Toulon, in. *Mémorial d'artillerie*, Paris, 1952.
CAMBRY, *Notes par le chevalier de Fréminville. Voyage dans le Finistère*, Brest, 1836.
CASONI (Giov.), Brevi cenni sulle costruzioni navali, in *Venezia e le, sue lagune*, Venise, 1847.
CLERC RAMPAL, Archéologie navale, in *Association technique maritime*, Paris, 1909.
CLOWES (G. S. David), *Sailing ships*, Part I, Londres, 1932-1947 ; Part II, Londres, 1936.
ENLART (Camille), *Manuel d'archéologie française*, 2e partie : *Architecture civile et militaire*, Paris, 1929.
GILLE (P.), Navires lourds et navires rapides, in *Ve Colloque de l'histoire du navire*, Lisbonne, 1960.

حمل‌ونقل آبی

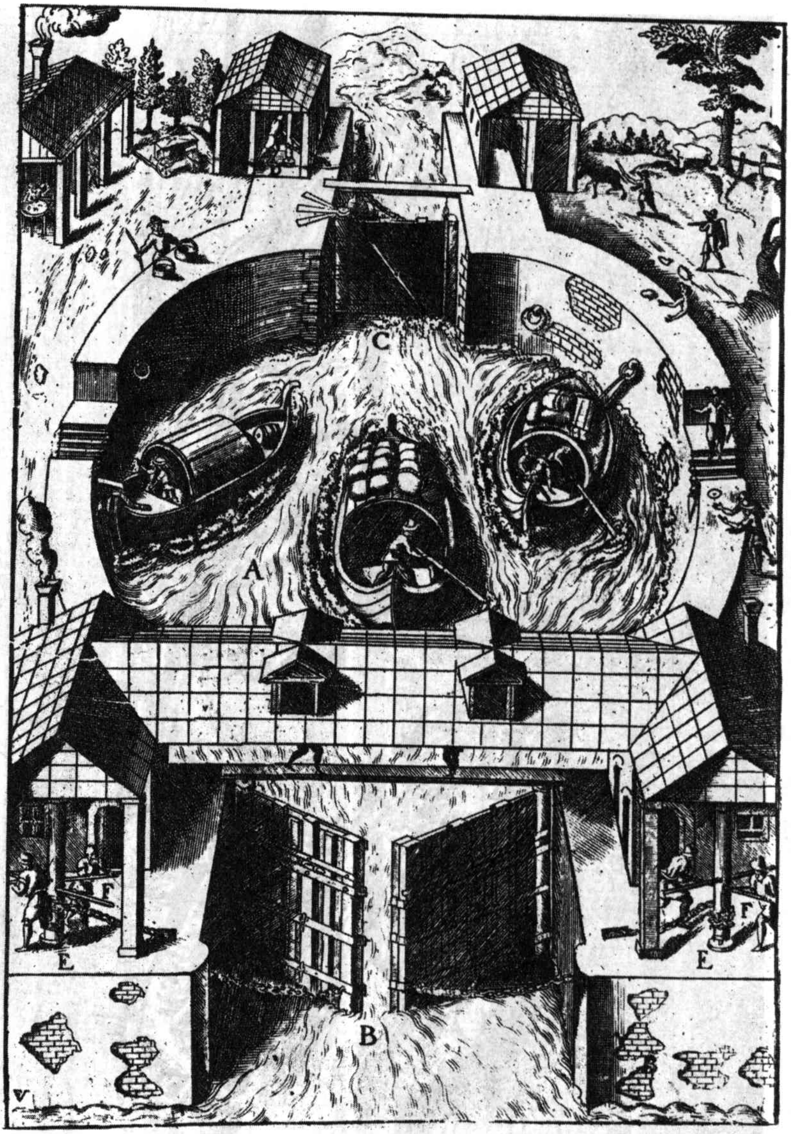
GUYON, *Théorie du navire*, Paris, 1894.
JURIEN DE LA GRAVIÈRE (vice-amiral), *Les derniers jours de la marine à rames*, Paris, 1885.
— *Les marines du XV^e et du XVI^e siècle*, Paris, 1879.
LENTHERIC (Ch.), *La Provence maritime*, Paris, 1897.
— *Côtes et ports français de l'Océan*, Paris, 1901.
— *Côtes et ports français de la Manche*, Paris, 1906.
MEMAIN (R.), *Le matériel de la marine de guerre sous Louis XIV*, Paris, 1936.
POLLARD et DUDEBOUT, *Théorie du navire*, t. I, Paris, 1890 ; t. IV, Paris, 1894.
RAMBERT (G.), R. COLLIER, J. BILLIOUD, *Histoire du commerce de Marseille*, t. II, Paris, 1952 ; t. III, Paris, 1951.
VIGE (J.), *Brouage*, Brouage-Saintes, 1960.
WIEL (Alethea), *The Navy of Venice*, Londres, 1910.

پیوست

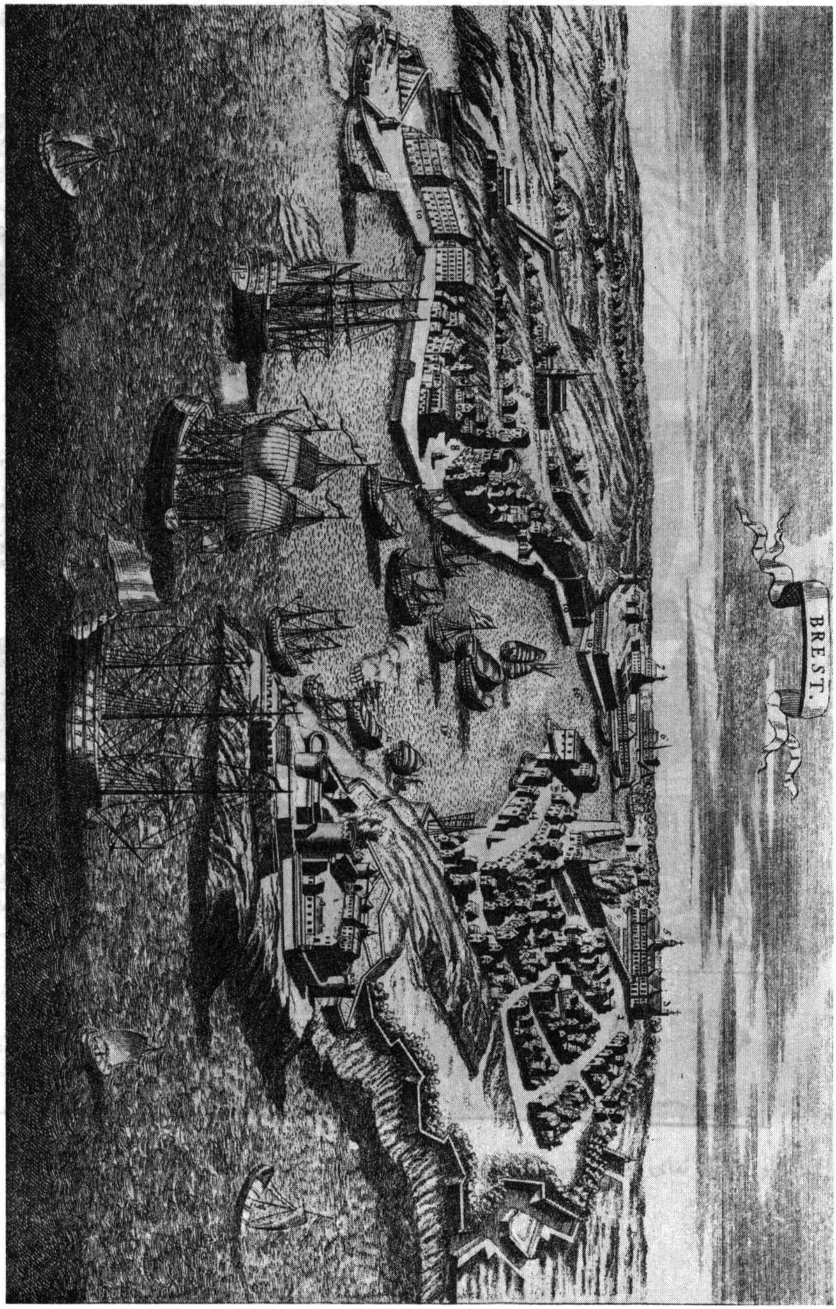
FOURNIER (P. G.), *Hydrographie universelle*, Paris, 1643.
GILLE (P.), Jauge et tonnage des navires, in *Colloque d'Histoire maritime*, Paris, 1956.
— La jauge au XVIII^e siècle, in *IV^e Colloque d'Histoire maritime*, Paris, 1959.
PEZENAS (P.), *La théorie et la pratique du jaugeage des tonneaux des navires et de leurs segments*, 1749.
ROBINSON (G.), *Elisabethan Ship*, London, 1956.
THOMAZI (A.), *Les flottes de l'Or*, nouv. éd., Paris, 1956.
VIAL DU CLAIRBOIS, in *Encyclopédie méthodique : Marine*, art. « Jaugeage », Paris 1786.
WHITE (W. M.), *Manual of Naval Architecture*, Londres, 1877.



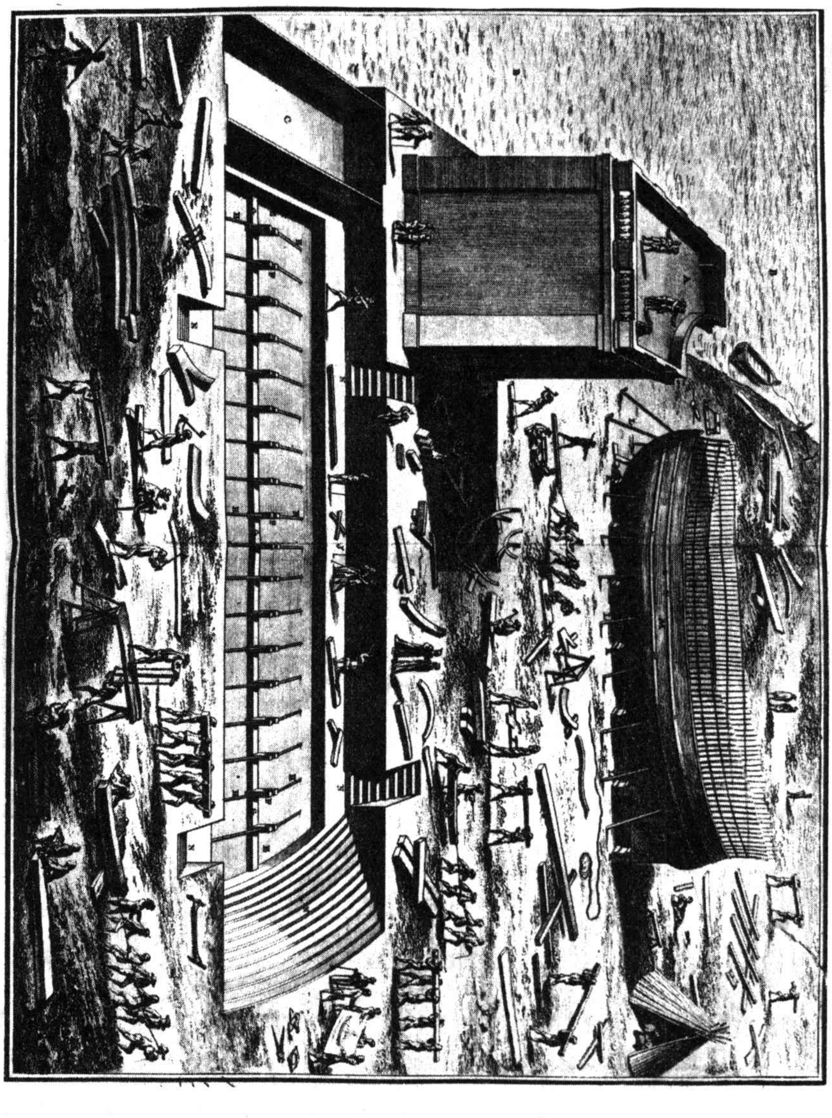
تابلوی ۲۹. نمای یک کشتی بادبانی از پشت، یک کشتی پارویی گالی نیز آن را همراهی می‌کند.



تابلوی ۳۰. آب‌بندی از سدهٔ هفدهم.



تابلوی ۳۱. مدخل بندربرست در پایان سدهٔ هفدهم.



تابلوی ۳۲. کارگاه کشتی سازی روشفور در سدهٔ هجدهم.

کتاب چهارم

تولید انرژی

۱۷

از روشهای سنتی تا نیروی بخار

ماشینهای سنتی

قرون وسطی شاهد تعویض تدریجی نیروی اسب یا انسان با آسیاب بوده است؛ کمی پس از آن آسیاهای بادی نیز سهم قابل توجهی در تولید نیرو به‌دست آوردند. همهٔ این روشها درگذر سده‌های شانزدهم و هفدهم مورداستفاده قرار می‌گرفتند. انسان هنوز در تولید نیرو در مواردی مثلاً موتورهای محرکه، جراثقالها و کشتیهای لایروب سهیم بود و اسبگردهای قفسی را می‌گردانید، و در این موتورها تنها به نیروی بسیار کمی احتیاج بود.

آسیاهای آبی و بادی: ماشین هیدرولیک به دو شکل وجود داشت: آسیای نوردیک (شمالی)، که محورگردش آن عمودی بود و سنگ بالایی آسیا را مستقیماً می‌گردانید؛ یک چرخ کوچک افقی در قسمت زیرین، که کاسه‌هایی به آن وصل بود و جریان آب آن را می‌گردانید. این ماشین بازده بسیار کمی داشت، اما سنگهای آسیا را به‌آهستگی با سرعتی برابر همان چرخ هیدرولیک می‌گردانید،

زیرا در این مکانیسم هیچ چرخدندهٔ واسطه‌ای وجود نداشت.

این نوع آسیاب که احتیاج مختصر خانواده را در آردکردن گندم مرتفع می‌ساخت، در پایان قرون وسطی رواج بسیار داشت. در فرانسه، در درهٔ گارون در حدود سال ۱۵۸۸ درکار بوده است و حتی در زمان ما در مجمع‌الجزایر اورکنی[1] در نروژ، رومانی، لبنان و ... رواج دارد. این آسیا را می‌توان اجداد نخستین توربینهای هیدرولیک دانست.

در آسیایی که تصویر بسیار قدیمی آن در نوشته‌های ویتروویوس دیده می‌شود، محور چرخ افقی است و میلهٔ عمودی آسیاب را یک چرخدندهٔ افزایش سرعت می‌گرداند. سنگهای آسیاب، در آسیابهای رومی، معمولاً با هر گردش چرخ هیدرولیک، پنج بار می‌گردیدند. غالباً چرخی را که آب با ریزش از بالا آن را می‌گرداند، بر چرخی که با جریان آب از پایین می‌گردید، ترجیح می‌دادند: وزن آبی که روی پره‌ها می‌ریخت چرخ محرکه را می‌گرداند.

در همهٔ تأسیسات قدیمی صنعت، فشار آب نقش اصلی در تولید نیرو داشته است و این برتری تا سدهٔ هجدهم برقرار بود.

آسیاهای بادی در دشتها نقش مهمی داشتند و پس از سال ۱۶۰۰ به یک عامل محرکه رایج در سیستمهای آبکشی هلند تبدیل گردیدند.

هر دو نوع آسیای آبی و بادی نیاز به مکانیسم انتقال حرکت داشتند که برای این منظور از چرخدنده استفاده می‌کردند. چرخدنده تا سده‌ها از چوب تراشیده می‌شد. چرخدنده‌های چوبی که ساخت و تعمیر آنها ساده بود، بتدریج تکامل یافتند، اما انتقال حرکت با دنده‌های چوبی، بازده بسیار کمی دارد.

اما لزوم داشتن وسایل تولید انرژی محدود به نیروهای ناچیزی بود که آسیابها می‌توانستند پاسخگوی آن باشند. آسیابها تا سدهٔ هجدهم سرچشمه اصلی انرژی بودند. آسیابها حتی با نخستین ماشینهای بخار که بقصد آبکشی ساخته شده بودند، ترکیب شدند: آبی که با ماشین بخار بالا می‌آمد (طرحهای تامس ساوری و دنی پاپن)، برای گردانیدن چرخهای آسیاب مورداستفاده قرار می‌گرفت.

برای اینکه اهمیت نسبی موتورهای گوناگون تولید نیرو متصور شود، محاسبهٔ نیروی هریک از آنها و نیز مقایسهٔ امکانات کاربرد آنها به ما کمک می‌کند.

---

۱. Orcades یا Orkney مجمع‌الجزایری متعلق به بریتانیای کبیر در شمال اسکاتلند.

نیروی انسان و حیوان: انسانی که هندلی را با شعاع یک پا با سرعت یک دور در هر دو ثانیه می‌گرداند، می‌تواند نیرویی برابر ۷ کیلوگرم به‌طور پیوسته اعمال کند که در هر ثانیه برابر است با:

کیلوگرم‌متر بر ثانیه ۷٫۷ = ۰٫۷/۰٫۲ × ۷ که حدود ۰٫۱ اسب بخار است.

در یک اسبگرد که ۲۶٫۲۵ پا قطر دارد، یک اسب می‌تواند نیرویی برابر ۴۵ کیلوگرم با سرعتی برابر ۰٫۹۰ متر در ثانیه اعمال کند که برابر است با:

کیلوگرم متر بر ثانیه ۴۰٫۵ = ۰٫۹۰ × ۴۵

اما انسان و حیوان می‌توانند این کار را فقط تا هشت ساعت ادامه دهند. بنابراین در یک روز بازده کلی کار آنها در حدود:

گیلوگرم متر ۲۲۰ = ۸ × ۶۰ × ۶۰ × ۷٫۷ انسان

گیلوگرم متر ۱۲۰۰ = ۸ × ۶۰ × ۶۰ × ۴۰٫۵ اسب

می‌باشد. درحالی‌که یک اسب بخار (۷۵ گیلوگرم در ثانیه) با کار پیوسته در ۲۴ ساعت می‌تواند کاری برابر:

گیلوگرم متر ۵۱۸۰۰۰۰ = ۲۴ × ۳۶۰۰ × ۷۵

انجام دهد و در ۱۶ ساعت (مدت کار در کارخانه) می‌تواند:

تقریبی کیلوگرم متر ۳۵۰۰۰۰۰ = ۱۶ × ۳۶۰۰ × ۷۵ کار انجام دهد.

مقایسهٔ این ارقام بروشنی نشان می‌دهد که چرا ماشینهای اولیه‌ای که توانشان برحسب اسب بخار ضعیف نشان داده می‌شد، زمانی‌که با دستگاههایی که انسان یا حیوان آنها را می‌گرداند، مقایسه شوند چه توان عظیمی داشته‌اند.

توان آسیاها: توان آسیاهای بادی عملاً چه اندازه است؟ یک چرخاب، که چرخدنده‌های آن کمی اصلاح شده باشد، حداکثر توانی برابر ۱۰ اسب بخار دارد و میانگین آن ۵ اسب بخار است. این توان چنانچه پیوسته، ۲۴ ساعت در روز کار کند، حدود ۲۶ میلیون کیلوگرم متر در روز کار انجام می‌دهد، یعنی کاری که ۲۳ یا ۲۴ اسب با همهٔ مخارجی که دارند (علوفه، اصطبل و غیره) می‌توانند انجام دهند.

این مقایسه نشان می‌دهد که یک موتور آبی چقدر مزیت دارد؛ بنابراین حتی در سدهٔ هجدهم، که ماشین بخار اختراع شد، توانی که بوسیلهٔ آسیابها تولید می‌شد هنوز کاربرد زیادی داشت.

آسیاهای بادی، که در انگلستان مورد اعتنای زیاد نبود، در هلند نقش مهمی را ایفا می‌کرد. این نوع آسیا از سدهٔ چهاردهم برای خشک‌سازی نواحی باتلاقی به‌کار گرفته می‌شد و تا عصر حاضر منبع اصلی توان برای تلمبه‌ها بود. حدود سال ۱۶۰۰ از آسیاهای بادی در هلند برای اره کردن چوبها، نمدمالی، خرد کردن دانه‌ها و تنباکو و راندن غلتکهای کاغذسازی استفاده می‌شد.

در اواخر سدهٔ هفدهم، در سواحل رودخانهٔ زون[1] (رودخانه‌ای که منطقهٔ صنعتی بسیار مهم هلند را مشروب می‌سازد) ۹۰۰ آسیای بادی (از آن جمله آسیاهای مخصوص زهکشی باتلاقها) نصب شده بودند و آسیاهای دیگری که کاربرد صنعتی داشتند، در اطراف لیدن، روتردام و دور درخت کار گذاشته شده بودند. از این آسیاها در سال ۱۹۰۰ حدود ۲۰۰۰ دستگاه هنوز فعال بودند.

کاربرد موتور سبب کاهش نیاز به کارگران شد و عکس‌العمل آنان را برانگیخت. صنوف پیشه‌وران در سال ۱۵۸۱ به استفاده از موتور اعتراض کردند و آن را موجب بیکاری کارگران دانستند.

بررسیهای جان اسمیتون[2] (۱۷۵۹) روی یک آسیای زهکشی که در سال ۱۶۴۸ ساخته شده بود، بدین نتیجه رسید که درحالی‌که بر محور میله‌های شافت آسیا حدود ۴۰ اسب بخار نیرو وارد می‌آید، نیرویی که بر شافتهای پیرو منتقل می‌شود، از ۱۵٫۶ اسب (۳۹٪) بیشتر نیست؛ اندازه‌گیریهای جدید نیز این نتیجه‌گیری را تأیید می‌کنند. بدین ترتیب ۶۱٪ نیرو در انتقال آن از بین می‌رود. در سدهٔ هجدهم با توسعهٔ کاربرد قطعات فلزی بازده کار کمی بهبود یافت، لیکن درواقع ساختمان آسیای بادی چوبی باقی ماند و بنابراین حداکثر توان آن از ۵۰ اسب تجاوز نکرد، که حدود ۲/۳ آن‌هم درضمن انتقال از میان می‌رفت.

کاربرد چوب دارای امتیازی بود: چوب ضربه‌ها و لرزشها را در دنده‌ها بهتر از قطعات چدنی مستهلک می‌سازد؛ بویژه اینکه قطعات فلزی در آن زمان با دقت کافی تراشیده نمی‌شدند. اما در سدهٔ هجدهم آسیای بادی به مرز تکامل خود رسید و با کندی تمام جای خود را به ماشین بخار واگذاشت که با بهایی کمتر توان بیشتری تأمین می‌کرد.

از سوی دیگر، آسیای بادی توان لازم برای تأسیسات بسیار کوچک را که به‌مقدار کمی توان نیازمند بودند، تأمین می‌کرد. آسیاهای بادی متعددی وجود داشتند که مقداری انرژی در حدود ۱/۳ تا ۳ اسب ایجاد می‌کردند. در سدهٔ هجدهم تأسیساتی که به انرژی زیاد نیاز داشتند، تعدادشان

1. Zoon 2. John Smeaton

محدود بود و تأسیسات بزرگ تأمین آب هنوز زیاد نبودند. این تأسیسات و ارقام مربوط به آنها در فصل مربوط به‌توزیع آب، بویژه در مورد نخستین ماشین شهرستان مارلی آمده است. این ماشین با دو اسبگرد (مانژ) عمل می‌کرد و قرار بود ۶۰۰ مترمکعب آب بدهد که بیش از ۳۰۰ متر نداد. برای اینکه به ارتفاع ۱۹ متری آب بدهد روزانه

کیلوگرم متر ۵۴۰۰۰۰۰ = کیلوگرم متر ۱۰۰۰ × ۳۰۰ × ۱۹ کار لازم بود.

اگر بازده کلی چرخدنده‌ها و تلمبه ۰/۴ بود، کاری که اسبگرد انجام می‌داد می‌بایست کیلوگرم‌متر ۱۳۵۰۰۰۰۰ باشد که برابر کاری بود که ۱۱ یا ۱۲ اسب در مدت هشت ساعت و یا سه اسبگرد با چهار اسب انجام می‌دادند. هر مالبند مدت هشت ساعت باید کار کند و چنین تأسیساتی مستلزم هزینهٔ گزاف علیق و تیمار اسبان است؛ بنابراین فهم این نکته دشوار نیست که چرا طولی نکشید که این ترتیبات را به‌هم زدند و به‌جای آن ماشین هیدرولیک را نصب کردند.

ماشین هیدرولیک شهرستان مارلی شامل ۱۴ عدد چرخ بود که هریک ۵۰ اسب و مجموعاً ۷۰۰ اسب توان داشتند. این ارقام با ارقامی که قبلاً برای چرخابها داده شده است، تطبیق می‌کند. اما توان مؤثری که به‌دست می‌آمد تنها ۱۵۰ اسب بود که با بازده ۰/۲۱۵ تطبیق می‌کرد، که با وجود لقی زیاد بازوها و طول میله‌ها انتقال حرکت و غیره، این بازده کم، مورد انتظار است.

در تصویری که از تأسیسات مارلی داده شده است، دیده می‌شود که چه تعداد زیادی ابزار و آلات مورد نیاز بود و چه بهای گزافی برای آن باید پرداخت تا توان مؤثری در حد فقط ۱۵۰ اسب به‌دست آید.

زمانی‌که در سدهٔ هجدهم، توسعهٔ صنعتی و بخصوص ادامهٔ این توسعه در سدهٔ نوزدهم مستلزم تأسیسات جدید و کارآمدتری برای تولید انرژی شد، آسیابهای سنتی از برآوردن آن مقدار انرژی مورد نیاز درماندند. تنها پیشرفت و توسعهٔ ماشین بخار بود که امکان تولید انرژی زیادتر و ارزانتر را فراهم ساخت.

نخستین گامهای برداشته شده به‌سوی ماشین بخار

از زمانهای قدیم به‌سهولت دیده می‌شد که آبی که در ظرفی سربسته گرم شود به بخار تبدیل می‌گردد و چنانچه ظرف روزنه‌ای داشته باشد، بشدت و سرعت از آن بیرون می‌زند. با این‌همه سده‌های زیادی لازم بود که با تجربیات کورکورانه بسیار، راه بهره‌گیری از توان محتوی در این بخار یافت شود.

تلمبه‌خانه‌ای که آگریکولا (۱۵۵۶) رسم کرده است با آنچه که در دوران باستان وجود داشت،

تفاوت چندانی ندارد. در اواسط سدهٔ هفدهم این تلمبه‌ها ازکشیدن آب معادن درماندند. برای اینکه در معادن بزرگ از امکانات بخار آب استفاده شود، می‌بایست یکصدوپنجاه سال به انتظار نشست.

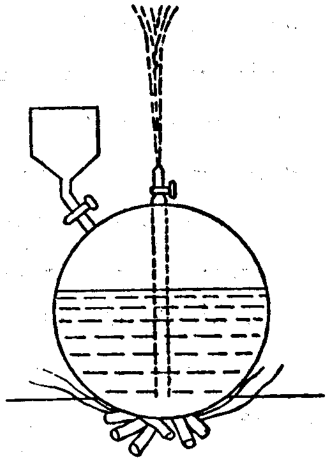
در سال ۱۵۷۵ در انگلستان نخستین ترجمهٔ چاپ شدهٔ کتاب پنوماتیک هرون اسکندرانی بوسیلهٔ فردریک کوماندین[1] انتشار یافت. این کتاب که فروش خوبی داشت، چند بهره‌گیری از بخار را تعلیم می‌داد که از آن جمله استفاده از عکس‌العمل دربرابر جهش بخار برای گردانیدن مانع گردان (تورنیکه) است. مواردی را که او ذکر می‌کند ائولیپیل[2] می‌نامیدند و کاربرد مستقیم آنها هیچ نتیجهٔ سودمندی نداشت. اما کتاب هرون توجه مخترعان را به‌سوی فوایدی که از بخار آب می‌توان انتظار داشت، جلب کرد.

تخیلات: در ۱۶۰۱ جانباتیستا دلاپورتا وسیله‌ای را شرح می‌دهد که فشار بخار آب در آن باید ستونی از آب را بالا برد. از سوی دیگر، تراکم بخار ایجاد خلأیی می‌کند که سبب مکیده شدن آب می‌گردد. همین اصل بود که حدود صد سال بعد مورد استفادهٔ تامس ساوری قرار گرفت. اما این اصل بوسیلهٔ هرون اعلام شده بود جز این که هرون می‌پنداشت که نیروی لازم را گرم کردن آب ایجاد کرده است.

در ۱۶۱۵ سالومون دوکو، مهندس و معمار شاه فرانسه در شهر فرانکفورت وسیله‌ای را به نمایش گذارد به نام: *Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machinestant utiles que plaisantes* (علل نیروهای محرکه، ماشینهای گوناگونی که مفید و سرگرم‌کننده هستند). او قضیهٔ (تئورم) خود را چنین شرح می‌دهد: آب به‌کمک «آتش از سطح خود بالاتر» می‌رود (شکل ۱۷۳)؛ در ظرفی که آن را حرارت می‌داد، لوله‌ای که محتوی آب بود گذارده بود و لوله به ته ظرف تکیه داشت. جوشیدن آب ایجاد فشار بخار آب در لوله می‌کرد و آب در لوله بالا می‌رفت. زمانی‌که آب کاملاً بیرون رفته بود می‌توانست در همان ظرف، که اینک سرد شده بود، به‌سهولت جایگیر شود. ورود آب به ظرف به‌آسانی انجام می‌گرفت زیرا خلأ آن را می‌مکید.

جووانی برانکا[3] در سال ۱۶۲۹ دستگاه دیگری را شرح می‌دهد: *Le machine diserse del Signor Giovanni Branca, Cittadino, romano, ingegniero, architetto, della Sta Casa di Loretto Roma MDCXXIX* دیگی مفرغی را شدیداً گرم می‌کنند (شکل ۱۷۴)، جهشی از بخار از آن خارج می‌شود که به پره‌های یک چرخ برمی‌خورد. این جهش بخار چنان نیرویی دارد که پره را می‌گرداند و استفاده‌های زیادی از این دستگاه حاصل می‌شود. این نخستین نمونه از یک توربین بخار است که ۲۵۰ سال بعد مصرف عملی یافت.

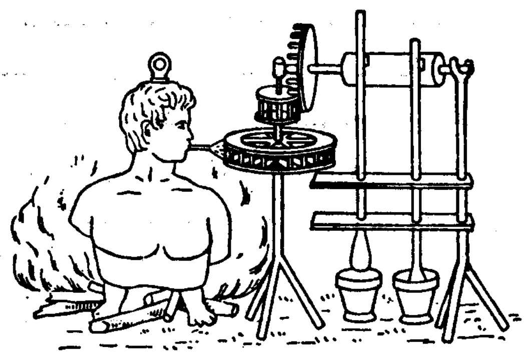
1. F. Commandine 2. éolipyle 3. Giovanni Branca



شکل ۱۷۳.ظرف سالومون دوکو.

ورستر و تراکم: از سال ۱۶۵۰ نه‌تنها اندیشه‌های بسیطی از بخار آب پیش کشیده شدند، بلکه در این‌مورد آزمایشهای واقعی نیز انجام گرفتند. دوره‌ای از آزمایش و کارهای غیرآگاهانه بود که پنجاه سال به درازا کشیده شد.

هر نویسنده اختراع واقعی ماشین بخار را به یکی از هموطنان خود منتسب می‌دارد. انگلیسیها ادعا دارند که مارکی آوورستر[1] مخترع آن است و فرانسویان معمولاً دنی پاپن را تنها مخترع آن می‌دانند. در انگلستان باز عده‌ای برآنند که ساوری سازندهٔ واقعی نخستین ماشین بخار است.



شکل ۱۷۴.ماشین برانکا.

1. Marquis of Worcester

مارکی آوورستر (ادوارد سامرست، دومین مارکی) در سال ۱۶۶۳ مجموعه‌ای از طرحهای اختراعات خود را انتشار داد؛ این طرحها کم‌وبیش مبهم بودند، اما گمان دارند که از آن‌میان، یکی از آنها اختراعی است که خود او اندیشیده است: «صدتایی نام و نمونه از اختراعاتی که درگذشته اندیشیده‌ام». بین سالهای ۱۶۳۰ ـ ۱۶۴۵ او در واکسال[1] نزدیک لندن نوعی ماشین بالابرندهٔ آب کارگذاشته بود، درحالی‌که قبلاً نمونهٔ آزمایشی و اولیه‌ای از این وسیله در قلعه رگلن[2] ساخته بود. ثرستون[3] عقیده دارد که این موتوری بود که اساساً با موتورهای جانباتیستا دلاپورتا و سالومون دوکو مشابهت داشت. گفته می‌شود که در دیوارهای برج اصلی این قلعه، حفره‌هایی یافت شد که قطعات این وسیله در آنها قرار می‌گرفتند؛ این امر با نوشته ثبت اختراعات سال ۱۶۶۳ تطبیق می‌کند.

ثرستون از این امر نتیجه می‌گیرد که مارکی آوورستر نخستین شخصی است که یک ماشین بخار ساخته است. دیکینسون[4] با لحن احتیاط‌آمیز می‌گوید که مدارک موجود بسیار مبهم هستند و وجود چنین ماشینی را نه می‌توان تأیید کرد نه تکذیب. به‌هرتقدیر، ورستر را نمی‌توان مخترع آن اصلی دانست که دلاپورتا قبلاً آن را شرح داده بود، اما شاید بتوان او را نخستین کسی دانست که برای به اجرا درآوردن آن اقدام کرده است.

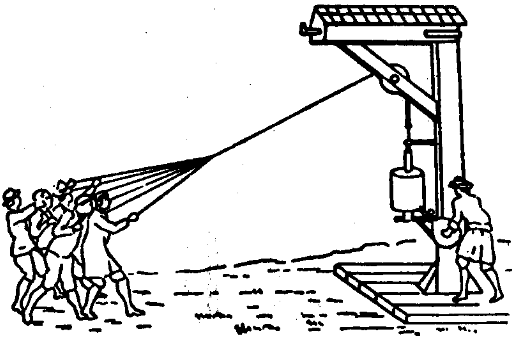
مخترعان ماشین بخار پس از او بخوبی شناخته شده‌اند که طرحها و نمونه‌های روشنی از ماشین بخار به یادگار گذاشته‌اند، و دنبالهٔ اقدامات پیاپی آنها را تا کارهای سدهٔ هجدهم می‌توان ردیابی کرد.

در آن زمان به‌طور همزمان دو اصل به‌عمل درمی‌آمد: یکی اصلی بود که جانباتیستا دلاپورتا و سالومون دوکو آن را پیشنهاد می‌کردند و گویا ورستر آن را به اجرا درآورده بود، دیگری اصلی بود که در اواسط سدهٔ هفدهم پیشنهاد شد که بر پایهٔ فشار اتمسفر عمل می‌کرد.

ساوری روی سیستم نخستین و پاپن روی سیستم دوم به مطالعه پرداختند. پاپن پس از مدت کوتاهی سیستم دوم را رها ساخت و بهکار بر روی سیستم نخست پرداخت و کوشید تا آن را کامل کند. اما کمی پس از این کار، نیوکامن سیستم استفاده از فشار اتمسفر را که پاپن رها کرده بود، پذیرفت و آن را بررسی کرد و همین سیستم بود که در اواخر سدهٔ هجدهم بوسیلهٔ جیمز وات به‌طور معجزه‌آسایی به‌کار افتاد.

تاریخ مشاهدات واکتشافات مربوط به فشار اتمسفر در *Histoire generale des sciences* (جلد سوم) به‌تفصیل آمده است. ذکر تاریخهای اساسی آن در اینجا کافی است.

1. Vauxhall 2. Raglan Castle 3. Thurston 4. Dickinson



شکل ۱۷۵.استوانه با پیستون اوتوفون گریکه.

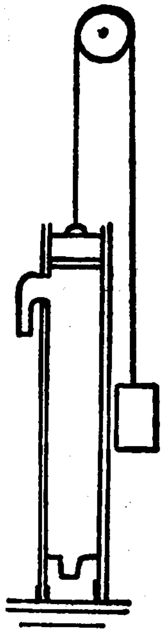
گریکه و فشار اتمسفر: در ۱۶۴۱ فواره‌سازان فلورانس می‌دانستند که تلمبه‌های تنفسی نمی‌توانند آب را بیش از ۳۲ پا بالا آورند و بالاتر از این ارتفاع بدنهٔ تلمبه خالی می‌ماند. پایینتر از این ارتفاع آبی که در لولهٔ تلمبه بالا آمده بود، درستی اصل به‌اصطلاح «طبیعت از خلأ نفرت دارد» را ثابت می‌کرد. گالیله که در مورد این پدیده نوین مورد شور قرارگرفته بود، در پاسخ گفت که در ارتفاع ۳۲ پایی نفرت از خلأ به پایان می‌رسد، اما چنین پاسخی خود او را هم قانع نمی‌کرد، ولی به‌هرحال در این‌باره دیگر نیندیشید. گالیله کمی پس از این گفت‌وگو می‌میرد.

علت این پدیده را سرانجام اوانجلیستا توریچلی[1] و ویویانی[2] یافتند: فشار اتمسفر در برابر بالاتر آمدن آب در لوله مانع می‌شود. توریچلی لوله‌ای را که یک سر آن بسته بود با جیوه پر کرد و نشان داد (۱۶۴۳) که ارتفاع ستون جیوه بستگی به‌نسبت چگالی آب به جیوه دارد و ۲۸ اینچ (۷۵ سانتیمتر) است. اندازه‌گیری فشار اتمسفر بوسیلهٔ پاسکال طی آزمایشهای متعدد و سپس کارهای پویی دو دوم[3]، کنجکاوی عموم را برانگیخته بود.

اوتوفون گریکه[4]، فیزیکدانی که شهردار ماگدبورک بود در این‌باره آزمایشهای گوناگونی انجام داد، و یک تلمبهٔ خلأ تنفسی اختراع کرد. گریکه آشکار ساخت که هوا چه فشار عظیمی بر سطوح مختلف وارد می‌آورد؛ بدین‌ترتیب راه استفاده از فشار اتمسفر در ماشینها گشوده شد.

در ۱۶۵۴ گریکه که بخاطر مسؤولیتش به راتیسبون فراخوانده شده بود، در برابر امیر اوئربرک[5] تجربهٔ جالبی انجام داد (شکل ۱۷۵). پیستونی در استوانه‌ای که قسمت بالایش باز و انتهای آن بسته بود، بوسیلهٔ ریسمانی که از روی قرقره‌ای می‌گذشت و یک سر آن را ۲۰ نفر گرفته بودند در بالای استوانه نگاهداشته می‌شد. ظرفی که قبلاً هوای آن بوسیلهٔ تلمبهٔ خلأ تخلیه شده بود، به ته

1. Evangelista Torricelli 2. Viviani 3. Puy de Dôme 4. Otto von Guericke
5. Auerberg



شکل ۱۷۶.ماشین باروتی هویگنس.

استوانه وصل می‌شد. با بازکردن شیری که به استوانه راه داشت، هوای استوانه تخلیه می‌شد: فشار هوای بیرون روی پیستون بیشتر از فشار هوای استوانه بود و پیستونی را که بیست نفر آن را نگاه داشته بودند به پایین استوانه می‌راند.

این نخستین آزمایش سیستم موتورهای دارای استوانه و پیستون است که در اثر فشار اتمسفر کار می‌کند، اما می‌بایست در استوانه، در زیر پیستون ایجاد خلأ کرد. ژان دواوت فوی کشیش اندیشید که در ته استوانه کمی باروت بریزد که با انفجار آن،

هوا گرم و پیستون به بیرون رانده شود.

ماشین باروتی هویگنس: سیستمی که هویگنس در ۱۶۷۳ به آکادمی علوم ارائه داشت همین دستگاه پیستون و استوانه بود (شکل ۱۷۶). دو غلاف چرمین در قسمت بالای استوانه، فرارگازهای گرم را در لحظهٔ اشتعال باروت ممکن می‌ساختند. سپس زمانی‌که درون استوانه در اثر سرد شدن گازها، ایجاد خلأ می‌شد، غلافهای چرمی انعطاف‌پذیر صاف می‌گردیدند و مانع از دخول هوای بیرون به‌درون استوانه می‌شدند. پیستون در اثر تفاوتهای فشار وارد بر دو طرف آن پایین می‌آمد و می‌توانست وزنهٔ سنگینی را بالا ببرد.

وسیله‌ای که هویگنس با کمک و همکاری پاپن آن را در کتابخانهٔ سلطنتی (پاریس) به‌نمایش گذاشت، استوانه‌ای عمودی به قطر یک پا (۳۲۵ میلیمتر) و ارتفاع چهار پا بود. این استوانه از ورقه‌های آهن لحیم شده با قلع ساخته شده بود، اما در آن زمان هیچ وسیلهٔ برقوزنی وجود نداشت تا درون این استوانه راست باشد و داخل آن را با گچ اندود کرده بودند. حدود چهار گرم (یک دراخم) باروت برای گرم کردن گاز در آن گذاشته بودند.

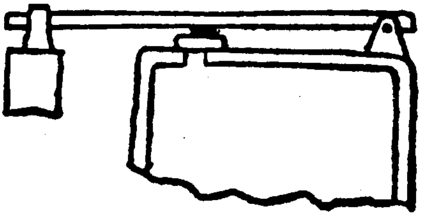
این وسیله، بسیار ناقص بود. گچ‌اندود که دارای خلل و فرج بود، خرد شده بود و سوپاپهای چرمی بد کار می‌کردند. نیمی از «هوا»ی ایجاد شده بوسیلهٔ باروت، زیر پیستون باقی می‌ماند و به‌همان نسبت مسافت سقوط آن کاهش یافته بود. اینکه چنین وسیلهٔ آزمایشی می‌توانست به ماشین دارای عمل مفید و منظم تبدیل گردد، کسی اطلاعی ندارد. چنین می‌نماید که هویگنس فکر استفاده از بخار آب را، که در نامه‌های سال ۱۶۶۶ خود قید کرده بود، از یاد برده بود.

این آزمایشهای هویگنس به‌کمک همکارش دنی پاپن (۱۶۴۷ـ۱۷۱۲) انجام می‌گرفت. همین آزمایشها بود که فکر بدیع اختراعی را که با نامش همراه است، به پاپن الهام کرد. همکاری پاپن با هویگنس دو سال ادامه داشت (تا ۱۶۷۵). او درباره موضوع خاطراتی را تحت عنوان: *Nouvelles expériences du vide avec la description des machines qui servent a'le farie*(آزمایشهای نوین با خلأ، همراه با توصیف ماشینهای تولید خلأ) در پاریس به سال ۱۶۷۵، منتشر کرده است.

در این زمان اندیشهٔ ساختن ماشینهای تولیدکنندهٔ انرژی در میان نبود، بلکه بیشتر در پی اجرای آزمایشهای گوناگونی با کمک ماشینهای پنوماتیک بودند که لازم بود آنها را کامل کرد. این آزمایشها، نگاهداری غذاهای فاسدشدنی و آغشته کردن چوب یا گچ با چسب را شامل می‌شد. آنچه که بخصوص از خاطرات پاپن به‌چشم می‌خورد، حل نبوغ‌آمیز مشکلات مربوط به‌جزییات کار در ساختن این وسیله است. کتاب او مورد استقبال قرار گرفت و خلاصه‌ای از آن در *Journal des Scavans*سال ۱۶۷۵ منتشر شد.

باز باید گفت که در این سال هویگنس فنر حلزونی را برای کاربرد اصل چرخ لنگر در ساعتهای مچی اختراع کرده بود (۲۰ ژانویه ۱۶۷۵)، چرخ لنگر در ساعتهای دیواری به‌کار می‌رفت. اختراع فنر حلزونی پیروزی هیجان‌انگیزی بود، گرچه اشخاص متعددی چه در انگلستان و چه در فرانسه مدعی اختراع آن شدند. لرد برونکر[1]، رئیس انجمن پادشاهی، از هویگنس خواست که یکی از این ساعتهای عجیب را به‌عنوان هدیه برای او بفرستد. هویگنس اندیشید که از شاگرد جوان خود برای

1. William Brouncker



شکل ۱۷۷.سوپاپ اطمینان پاپن.

فرستادن این ساعت به لندن استفاده کند. در روز ۱۷ ژوئیه سال ۱۶۷۵ پاپن را همراه نامه‌ای به انگلستان فرستاد؛ در آن نامه نوشته شده بود: «دو سال است که این آقا با من است و در هرگونه آزمایشی به من کمک کرده است. شما خواهید دید که، همان‌گونه که من فکر می‌کنم، جزوه کوچکی که او در مورد آزمایشهای نوین با خلأ به چاپ رسانیده است که روش او در مورد مونتاژ این ماشینها را نیز شامل است، اثری پرارزش و بسیار موفق درکاربرد آن می‌باشد. او می‌خواست ببیند درکشور ما چه می‌گذرد و حتی او بر آن است که اگر موقعیتی به‌دست آورد در آنجا سکنی گزیند.»

دیگ پاپن: هویگنس با نامه‌ای که همراه پاپن برای لرد برونکر و رابرت بویل[1] فرستاده بود، او را در تماس با محافلی از دانشمندان طراز اول انگلستان قرار داده بود و پاپن می‌توانست فرصت را غنیمت بداند.

پاپن در جریان دوازده سال اقامت خود در انگلستان بود که «دیگ» خود را اختراع کرد. این اختراع استوانهٔ ساده و دربسته‌ای بود که گوشت و استخوان را برای حرارت دادن در دمای بالا و تحت فشار در آن می‌گذاشتند، این وسیله در تاریخ ماشینهای بخار هیچ تأثیر مستقیمی نداشته است، جز اینکه یک سوپاپ اطمینان داشت. این یک سوپاپ اطمینان معمولی بود که وزنه‌ای که از اهرمی آویزان شده بود، از بلند شدن صفحه‌ای که بر سوراخ دیگ قرار داشت، جلوگیری می‌کرد (شکل ۱۷۷). پاپن از خطر فشارهای زیاد درونی وارد بر جدار دیگ آب اطلاع داشت. او نخست دمای آب را که در ارتباط با فشار درونی دیگ می‌دانست، بر پایهٔ مدت زمان لازم برای تبخیر یک قطره آب که روی درپوش دیگ می‌انداخت، تخمین می‌زد. آونگی که ثانیه‌شمار بود این مدت را چنین تعیین کرد:

چهار ثانیه برای پنج اتمسفر فشار

سه ثانیه برای نه اتمسفر فشار

وسیلهٔ او استوانه‌ای به قطر ۶ اینچ (۱۶۲ میلیمتر) و پهنای ۱۸ اینچ (۴۸۶ میلیمتر)، از

1. R. Boyle

جنس چدن بود. قسمت بالای آن که بخوبی صافکاری شده بود، بوسیلهٔ یک تسمه چرمی به استوانه وصل شده بود. پاپن توانست دمای آب را تا ذوب قلع (۲۱۰ درجه) بالا برد و به‌فشار درونی ۱۹ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع برساند. این وسیله، گرچه به اوج موفقیت خود رسید، اما پولی نصیب مخترع آن نشد و تنها پاپن را بلندآوازه ساخت. پاپن نیز تا زمان ترک انگلستان (۱۶۸۷) کار دیگری برای تکمیل وسیلهٔ خود انجام نداد. به پاپن افتخار عضویت در انجمن پادشاهی داده شد که پیروزی و موفقیت جالبی برای او بود، زیرا به او امکان می‌داد تا روابط خود را با دانشمندان انگلستان حفظ کند و در سراسر قاره بلندآوازه گردد.

ساخته‌های پاپن و ساوری

استخراج معادن و تولید انرژی: در اواخر سدهٔ هفدهم، استخراج معادن انگلستان مشکل عمده‌ای بود. مصرف سوخت معدنی افزایش می‌یافت و چاههای معادن عمیقتر می‌شدند و به لایه‌هایی می‌رسیدند که آب بسرعت بالا می‌زد و کار معدنکاران دشوار و حتی فلج می‌گردید. لازم بود که برای بیرون کشیدن آبهای معادن ماشینهای کارایی اختراع شود.

تنها انرژی موجود وکافی، انرژی چرخهای هیدرولیک بود، زیرا انرژی انسان یا اسب، همان‌طورکه دیده شده است، بسیارکم و پرهزینه، و موقعیت جغرافیایی معادن هم معمولاً از منابع آب بسیار دور بود. لازم می‌آمد که یا وسیله‌ای برای تولید انرژی در محل معدن نصب شود (که ماشین بخار در سدهٔ هجدهم هم می‌توانست چنین وسیله‌ای باشد) یا اینکه نیروی مورد نیاز را از آبشارها به‌دست آورد و آن را به محل معدن انتقال دهد. کاری که الکتریسیته دو سدهٔ بعد آن را عملی ساخت.

درست است که آب را می‌شد ازکنار آبشارها به‌دست آورد و آن را به‌جای دیگری هدایت کرد، اما برای این کار لازم بود آکدوک‌های طویل، تونلها و ساختمانهای متعددی ایجاد شوند که ساخت آنها مستلزم هزینهٔ گزافی می‌شد. وسایل مکانیکی انتقال آب هم پرهزینه، (به ماشین مارلی توجه کنید) و تنها در مسافت کمی قابل اجرا بود و بازده مکانیکی آن‌هم بسیارکم بود. در مسافتهای زیاد، همهٔ انرژی در اثر اصطکاک از بین می‌رفت.

این مسأله ذهن بارآور پاپن را تحریک کرد. او اندیشید که بین محل تولید انرژی و محل استفاده از آن، با ایجاد خلأ ارتباط برقرار سازد. تلمبه‌های تنفسی (پنوماتیک) که چرخهای هیدرولیکی رایج در این زمان آنها را فعال می‌ساخت، هوا را به‌درون لوله‌هایی می‌مکید و این لوله‌ها خلأ را منتقل می‌ساختند. خلأ در دسترس نیز، به‌علت تفاوت مقدار فشار اتمسفر با آن، تلمبه‌های معدن

را فعال می‌ساخت. همه می‌دانند که دنی پاپن به‌بررسی تکمیل ماشین تنفسی برای بویل سرگرم بود؛ بنابراین توالی نظرات آنها به‌چشم می‌خورد.

اما پیشرفت صنعت در آن زمان از تولید لوله‌ها و اتصالاتی که کاملاً کیپ و هواناپذیر باشند، ناتوان بود. اتلاف خلأ در اثر ورود هوا در لوله‌ها، بازده کار را بسیار ضعیف می‌ساخت، این اتلاف حتی در حد انتقال مکانیکی بود. ما از اینکه پاپن اختراع خود را به مرحلهٔ عمل درآورد یا نه، بی‌اطلاعیم، اما به‌هرحال او بی‌درنگ دریافت که چنین روشی قابل استفاده نیست (۱۶۸۵).

پاپن در ماربورگ: تا سال ۱۶۸۷ پاپن در لندن ماند و در آنجا مقاله‌های مختلفی در مجلهٔ انجمن پادشاهی که عنوان *Philosophical transactions* را داشت، انتشار داد. اما او در آن‌زمان آینده‌ای برای خود در انگلستان پیش‌بینی نمی‌کرد؛ بنابراین پیشنهادی را که کارل اوگوستوس[1] الکتور و لاندگراف هسه‌کاسل[2] به او کرده بودند، پذیرفت که یک کرسی تدریس ریاضیات در دانشکده ماربورگ داشته باشد و لذا پاپن بدانجا رفت. محتمل است که وضع او در آنجا زیاد از وضعی که در لندن داشت بهتر نبود، اما کارل اوگوستوس به‌عنوان فرد روشنفکری که به‌کارهای مکانیکی و اختراعات واقعی علاقه‌مند بود، شهرت داشت، از سوی دیگر الغای قرارداد نانت (۱۶۸۵)، درهای کشور فرانسه را به‌روی دنی پاپن پروتستان بست و تعدادی از خانواده او و شماری از هم مسلکان فرانسوی او به آلمان مهاجرت کردند. لاندگراف هسه ـ کاسل اعلامیه‌ای به فرانسه منتشر ساخت که در آن آمده بود: «همهٔ کسانی‌که می‌خواهند به سرزمین ما بیایند تا در اینجا، خود کارگاهی تأسیس کنند یا دستور تشکیل کارگاهی را بدهند که در این سرزمین بی‌سابقه است و نیز به دیگر پیشه‌ها، صنایع و هنرهای مفید و لازم بپردازند، با استقبال ما روبه‌رو خواهند بود».

برای پاپن در ماربورگ ۱۵۰ فلورن در سال مقرری و دیگر حقوق معمول و پیشکشهای احتمالی شاگردان پذیرفته شد. همچنین کارل اوگوستوس چندین‌بار کمک هزینه به او پرداخت تا اینکه بتواند ماشین اختراعی خود را بسازد. وانگهی او توانست از *Acta Eruditorum* استفاده کند. بنابراین سند که در لایپزیک انتشار می‌یافت، او می‌توانست اطلاعاتی دربارهٔ اختراعات خود بنویسد و منتشر کند. او لایبنیتس را پشتیبان خود یافت و بارها از حمایت وی برخوردار شد و در عین‌حال تماس خود را با هویگنس که به لیدن برگشته بود قطع نکرد.

پاپن علی‌رغم وضع بد روانی که در سال ۱۶۹۰ در آلمان با آن دست و پنجه نرم می‌کرد، اختراعات گوناگون خود را پی گرفت. او بر روی تلمبهٔ شناور در رودخانه با دیگران همکاری کرد و بویژه اندیشهٔ ساختن موتور دارای استوانه و پیستون را که به نیروی بخار آب کار می‌کرد، دنبال کرد.

1. Karl Augustus 2. Hesse-Kassel

نخستین اندیشهٔ استفاده از نیروی انبساط بخار آب برای کارهای سودمندتری از آنچه که هرون برای سرگرمی می‌ساخت و یا عملیتر از کارهای جانباتیستا دلاپورتا و سالومون دوکو، احتمالاً به هویگنس برمی‌گردد. هویگنس از سال ۱۶۶۶ برنامه‌ای از کارهای آزمایشی متعددی به کلبر تسلیم کرد که ناظر به «آزمایش باروت توپ بود که آن را به‌مقدارکم در لولهٔ بسیار ضخیمی از آهن یا مس می‌گذاشتند ـ و نیز، آزمایش نیروی آبی که در اثر آتش رقیق شده است».

این مطلب که این پیشنهادها تا حدی مبهم می‌باشند و منظور هویگنس از این پیشنهاد بررسی ماشینهای باروتی بود، درست است.

ماشین باروتی و ماشین بخار: این ماشین و آزمایشی که با آن به‌عمل آمد درگذشته مورد بررسی قرار گرفت. پاپن این آزمایشها را در خاطر داشت لیکن در انگلستان درنظر نداشت که به آنها بپردازد. حدود سال ۱۶۸۸ که احساس کرد لاندگراف هسه پشتیبان اوست، فکر قدیمی را دنبال کرد. لاندگراف که محتاط و در خرج پول صرفه‌جو بود، راضی شد که تنها هزینهٔ یک وسیله کوچک آزمایش را تقبل کند، «که از آن اصول لازم برای ساختن ماشینهای بسیار بزرگ را بتوان به‌دست آورد.» (*Acta Eruditorum*، سپتامبر سال ۱۶۸۸).

این استوانه قطرش به پنج اینچ (۱۳۵ میلیمتر) و ارتفاعش به ۱۶ اینچ (۴۳۲ میلیمتر) کاهش یافت. پاپن به‌جای چرم، سوپاپهای واقعی گذاشت. در مورد ساختمان خود استوانه هیچ اطلاعی در دست نیست، جز اینکه احتمالاً مفرغی بوده است.

نتیجهٔ به‌دست آمده کمی بهتر از نتایجی بود که هویگنس به‌دست آورده بود، اما یک‌پنجم هوا هنوز در زیر پیستون می‌ماند؛ بنابراین استفاده از «ماشینهای بسیار بزرگ» خیالپردازی شد. پاپن یکی از علل این شکست را صیقلی نبودن کافی سطح درونی استوانه می‌داند و عقیده دارد که در گام نخست، به لوله‌های بسیار مستقیمی نیازمندیم که سطح درونی آنها نیز بسیار صیقل یافته باشد. شکی نیست که او به تفکر دربارهٔ وسایل تکمیل کننده ماشین خود ادامه می‌داد و در سال ۱۶۹۰ او توانست در Acta Eruditorum اندیشهٔ ماشین اتمسفری بخار آب را در زیر عنوان: *Nova Metodus ad vires motrices validissimas levi pretio comparandas* (روش نوینی برای به‌دست آوردن نیروهای زیاد با هزینهٔ کم) منتشر سازد. آیا او اندیشه ناپخته هویگنس را تکرار، یا فکر خودش را دنبال کرده است؟ احتمال نمی‌رود که پاپن از مقالهٔ سال ۱۶۶۶ هویگنس الهام گرفته باشد، زیرا گویا از آن بی‌اطلاع بوده‌است؛ بدین‌ترتیب عادلانه است که خود او را پایه‌گذار اندیشه‌اش بدانیم.

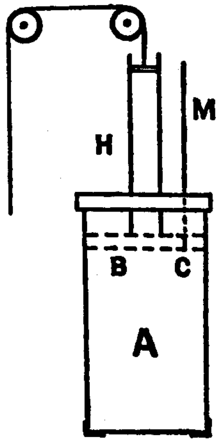
پاپن برای استفاده از بخار آب دستگاه خود را تکمیل کرد: ته آن را از یک ورقهٔ نازک فلزی ساخت تا مشعلی که در زیر آن قرار داشت، بسرعت آب درون استوانه را گرم کند. پیستون دستگاه در اثر فشار بخار آب بالا می‌آمد که در آن روزگار آن را «رقیق شدن» بوسیلهٔ آتش می‌نامیدند. زمانی‌که پیستون در انتهای مسیر خود است، آتش را عقب می‌کشند، میعان ایجاد می‌شود و پیستون در اثر فشار اتمسفر پایین می‌آید.

پس از آن پاپن برای دستگاه خود، با آوردن و بردن مکرر آتش در استوانه، یا زیر آن، کاربردی برای آن درنظر گرفت. او ماشین بزرگی که بر این اصول کار کند، نساخت، بلکه احتمالاً بخشی از مصالحی را که در تجربیات گذشتهٔ خود (۱۶۸۸) به‌کار گرفته بود، مورداستفاده قرار داد. او برای اینکه نقص مربوط به جفت و جذب نبودن پیستون در استوانه را کمتر سازد، کمی آب روی پیستون ریخت، بدین امید که شاید به‌هنگام میعان از ورود آب در استوانه جلوگیری کند. این عمل نشان‌دهنده ترس او از یافتن بخار محبوس در زیر پیستون بود که مانع از سقوط کامل آن می‌شد (هوایی که نمی‌شد آن را حذف کرد و پیوسته در محفظه استوانه‌ای جمع می‌گردید).

پاپن طرز کار ماشین باروتی را با کار ماشین بخار مقایسه کرده است:

«حدود یک‌پنجم آب محتوی لوله همیشه در آن می‌ماند و دو دردسر ایجاد می‌کند: نخست، بیش از نیمی از اثر مطلوب به‌دست نمی‌آید و تنها می‌تواند یک وزنهٔ ۱۵۰ پوندی (۷۳٫۴۲۵ کیلوگرم) را به‌اندازهٔ یک پا بالا ببرد، نه وزنهٔ ۳۰۰ پوندی را، که اگر لوله کاملاً خالی بود، می‌توانست بالا ببرد، دوم، بتدریج که پیستون پایین می‌افتد، نیرویی که آن را از بالا به پایین می‌راند، رفته‌رفته کاهش می‌یابد . . .»

«. . . بسیار بهتر است که نیروی محرکهٔ ما از آغاز تا به پایان ثابت بماند؛ بنابراین آزمایشهایی انجام گرفته است تا به‌کمک باروت توپ، خلأ کاملی ایجاد شود؛ زیرا از این طریق است که چون دیگر هوایی وجود ندارد که دربرابر پیستون مقاومت کند، همهٔ ستون اتمسفر بالای پیستون، آن را با نیرویی یکنواخت تا انتهای لوله پایین می‌راند. اما تا این لحظه همهٔ آزمایشهای انجام گرفته، بی‌نتیجه مانده است و پس از خاموش شدن باروت اشتعال یافته، همواره حدود یک پنجم هوا در لوله باقی می‌ماند، بنابراین من کوشیده‌ام که از راه دیگری بمنظور خود برسم و چون براثر خاصیت طبیعی آب مقدار کمی از این مایع در اثر حرارت به بخار که واجد نوعی نیروی الاستیک، شبیه نیروی هوا می‌باشد، تبدیل می‌شود، و سپس بدون اینکه کوچکترین مقداری از نیروی الاستیک خود را نگاهدارد، در اثر سرما باز به آب تبدیل می‌گردد، من تصور می‌کنم که می‌توان ماشینی ساخت که



شکل ۱۷۸.استوانهٔ پاپن.

در آن آب در اثر گرمای معتدل، بدون هزینهٔ قابل‌توجهی ایجاد خلأ کامل کند، خلأیی که با باروت توپ به‌دست نمی‌آید.»

پاپن با گذاردن آبی به ارتفاع ۶٫۷ تا ۹ میلیمتر در استوانهٔ خود، پیستون را تا آنجا پایین برد که آب بوسیلهٔ سوراخ C که در پیستون ایجاد شده بود، بیرون جهید (شکل ۱۷۸). آن‌گاه سوراخ C را با میلهٔ M بست؛ بدین‌ترتیب دیگر هوایی در زیر پیستون نماند و تبخیر و سپس میعان بخار عملی شد، بدین‌ترتیب پیستون B بالا و پایین می‌رفت.

لوله‌ای که وسیلهٔ آزمایش پاپن بود، قطرش حدود ۲ اینچ بود، اما آیا این لوله می‌توانست ۶۰ پوند (۲۹٫۳۷ کیلوگرم) را بالا آورد؟ خود لوله بیش از ۵ اونس (۱۵۲ گرم) وزن نداشت. او عقیده داشت که با استوانه‌های ۴۰ پوندی (۱۹٫۵۸ کیلوگرم) می‌توان وزنهٔ ۲۰۰۰ پوندی (۹۷۹ کیلوگرم) را چهارپا (۱٫۲۹۹ متر) بالا برد و این حرکت در یک دقیقه انجام می‌گیرد. پاپن در آن زمان نیروی عظیمی را که با این ماشین می‌توان به‌دست آورد، پیش‌بینی کرده بود.

این اعداد بزرگ نباید ما را در مورد مقدار انرژی که با این ماشین می‌توان به‌دست آورد، فریب دهد. پاپن تنها یک رفت پیستون در یک دقیقه را مورد بررسی قرار داده بود و در یک ثانیه نیرویی که این دستگاه تأمین می‌کند:

حدود $۹۷۹ \times ۱٫۲۹۹/۶۰ = ۲۰\mathrm{kgm/s}$ که کمتر از یک‌سوم اسب بخار است.

او گمان می‌کرد که چنانچه قطر استوانه ۲ پا باشد، در هر دقیقه می‌تواند ۸۰۰۰ پوند را چهار پا بالا ببرد؛ و نیز با استفاده از چند استوانه که آتش به‌ترتیب از زیر آنها بگذرد، می‌توان از هر استوانه

۶۸ کیلوگرم متر بر ثانیه یا حدود یک اسب بخار نیرو گرفت. با به‌کار گرفتن چندین استوانه، توان ایجاد شده به نسبت مستقیم افزایش می‌یابد.

آزمایش نخستین یک ماشین اتمسفری: پس از صلح ریسویک[۱]، لاندگراف تصمیم گرفت در قلمرو خود تأسیسات متعددی ایجاد کند، و توجه خاصی به‌طرح آبرسانی از فولدا به بالای برجی داشت. پاپن ماشین خود را به او پیشنهاد کرد، اما آقای کارل اوگوستوس که محققاً این ماشین را ناقص می‌دید، روش کلاسیک چرخ هیدرولیک و تلمبه را ترجیح داد.

پاپن که مأیوس شده بود، ذهن خود را به کاربرد دیگری از طرح خود معطوف ساخت، مثلاً ارابه، که مدلی از آن می‌توانست بسازد، یا کشتی. او این وسایل را در *Acta Eruditorwn* شرح نداده است. پاپن احتمالاً راه خود را تغییر داده و اصل دیگری را برای ماشین بخار خود درنظر گرفته بود، گویا سیستم استوانه با آتش متحرک، اجرای دشواری داشت. با این‌حال او می‌بایست دربارهٔ سیستمی از چندین استوانه که آتش به نوبت در زیر هر یک می‌رود، اندیشیده باشد. اما در این‌حالت اتصال مکانیکی پیستونها بیشتر پیچیده است و تغییر پیوستهٔ آتش نیز دشوار و نیاز به کارگر دارد.

بنابراین پاپن به سیستم ساده‌تری روی کرد که عبارت بود از تولید بخار در یک ظرف گرم و هدایت آن بخار به ظرف دیگری که از آب سرد پر شده است. آب به عقب، به‌درون لولهٔ بالارونده رانده می‌شود، سپس شیر را می‌بندند و خلأیی که به‌دنبال میعان پدید می‌آید، سبب می‌شود که در ظرف دوم مقدار تازه‌ای از آب از راه لوله‌ای که به آن وصل است، مکیده شود. پاپن برای راندن آب به ارتفاع ۷۰ پایی چاره‌اندیشی کرد؛ او قطعات میانی را حذف نمود، اما در این‌حال به سیستمی رسید که در همان زمان ساوری در انگلستان به‌کار انداخته بود.

آسیبی که بوسیلهٔ آزمایشی او وارد شده بود و تأخیر لاندگراف، که نسبت به پاپن بی‌اعتقاد شده بود، در پرداخت پول لازم به او، اجرای طرح نوین او را ناموفق ساخت. ما چند سال بعد همهٔ آنها را تکمیل شده می‌بینیم. اما در این لحظه ماشین ساوری در انگلستان جای خود را به‌طور قطعی بازکرده بود و جواز اختراع ساوری، تاریخ ۲۵ ژوئیه سال ۱۶۹۸ را دارد، یعنی همان تاریخی که پاپن ناگزیر طرحهای خود را به حالت تعلیق درآورده بود.

۱. la paix de Ryswick قراردادی که در سال ۱۶۹۷ در شهر ریسویک هلند، نزدیک لاهه به امضا رسید و لویی چهاردهم را از همهٔ آنچه که بعد از سال ۱۶۷۹ گرفته بود، جز استراسبورگ محروم ساخت.

چنین حال و روزگاری اقامت پاپن را در ماربورگ دشوار کرده بود؛ بنابراین او به کاسل رفت (۱۶۹۶).

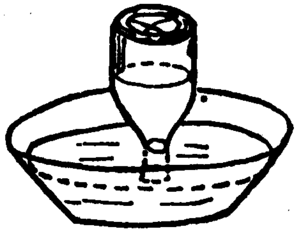
تامس ساوری: تامس ساوری از خانواده‌ای از دونشر[1] بود. او در معادن کارکرده، سپس درکشتیهای تجارتی ناخدا شده بود، مهندسی قابل و مخترع بود. ثبت اختراع سال ۱۶۹۶، شمارهٔ ۳۴۷ آن مربوط بنوعی آسیای آردکننده، صیقل دهنده و نیز کارهای دیگری از جمله راندن کشتیهاست که بخاطر کاربرد اخیر به نیروی دریایی پیشنهاد شده بود، اما آنها به بی‌اعتنایی آن را رد کردند. ساوری مثل نفرات زیادی در انگلستان سرگرم بررسی خالی‌کردن آب معادن بود. او ازکارهای پاپن اطلاع داشت، اما سیستمی که پاپن در سال ۱۶۹۰ در Acta از آن صحبت کرده بود، شدیداً، بویژه از طرف رابرت هوک مورد انتقاد قرارگرفت. کندی کار پیستون آن، که در هر دقیقه یکبار می‌گشت و نیز لزوم آوردن و بردن آتش، مانع اساسی کاربرد آن در صنعت بود.

انتقادهای هوک، ساوری را از کاربرد سیستم استوانه و پیستون پاپن منصرف کرد، او اصل مکش آب در اثر خلأ ناشی از میعان، سپس تراکم آب با فشار بخار را اساس کار خود قرار داد. وانگهی این اصل سبب می‌شد که ماشین بخار، تنها نقش بالا آورندهٔ آب را داشته باشد، که برگشت به‌کارهای هرون، دلاپورتا و سالومون دوکو بود.

ساوری که بسیار علاقه‌مند بود اختراعی را به‌ثبت رساند، کوشید کوشید تا اصالت نخستین اندیشهٔ خود را ثابت کند، او بعدها در سال ۱۷۰۲ اوضاع و احوالی راکه الهامبخش چنین ماشینی بوده است در مقاله زیر شرح داده است (دوست معدنچیان: توصیف ماشینی برای بالاآوردن آب بوسیلهٔ آتش، و طرز کارگذاری آن در معادن، همراه با توضیحی دربارهٔ کاربردهای گوناگون آن و پاسخی به ایرادهایی که به آن گرفته شده است. تامس ساوری. لندن ۱۷۰۲).

ساوری حکایت می‌کند که روزی که یک بطری شراب در میخانه‌ای نوشیده بودم، بطری خالی را در اجاق روشن پرتاب کردم. آنگاه برای شست‌وشوی دستهای خود در جست‌وجوی ظرف آبی برآمدم، متوجه شدم که بخار آب از سر شیشه خالی، که گرم شده بود، فرار می‌کند. با دیدن این منظره، اقدام کردم و بطری را با یکی از دستکشهای چرمی خود از آتش بیرون کشیدم و آن را وارون در ظرف آب قرار دادم (شکل ۱۷۹)؛ متوجه شدم که آب در بطری بالا آمد و آن را تا نیمه پر کرد. میعان بخار آب درون بطری ایجاد خلأکرده بود. این پدیده که بار اول نبود که با آن برخورد کرده بود، دستاویزی برای ساوری شد تا اصالت اندیشهٔ خود را به کرسی بنشاند و از ایرادهای دیگران که او را به دنباله‌روی از دلاپورتا، کو، و حتی پاپن سرزنش می‌کردند، شانه خالی کند.

۱. Devonshire ولایت ساحلی جنوب غربی انگلستان.

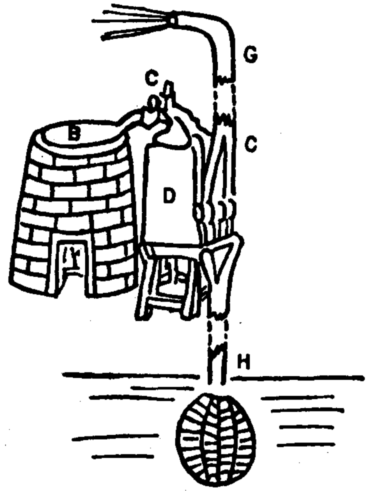


شکل ۱۷۹. بطری ساوری.

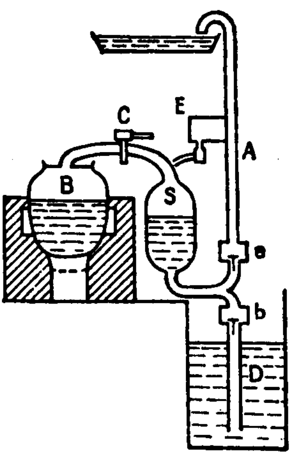
ماشین اتمسفری ساوری: ساوری موفق شد که ثبت شمارهٔ ۳۵۶ به تاریخ ۲۵ ژوئیه سال ۱۶۹۸ را به نام خود به‌دست آورد. موضوع این سند چنین اعلام شده بود: «بالاآوردن آب و دیگر عملیات ماشینی بوسیلهٔ آتش متحرک، اختراعی که برای خشک‌سازی معادن، تأمین آب شهرها و به‌کار انداختن هر نوع ماشین که از آب یا بادهای پیوسته استفاده نمی‌کند.»

ساوری در ۱۴ ژوئن سال ۱۶۹۹ مدل کوچکی از این اختراع خود و نیز شماره‌ای از *Philosophical Transactions* را که حاوی تصویری از مدل مزبور بود (شکل ۱۸۰)، به انجمن پادشاهی در لندن تقدیم کرد.

در پایان این ملاقات انجمن رأی داد که این وسیله جالب است و می‌تواند تکمیل شود و با به‌خاطر آوردن پاپن که عضوی از انجمن بود، یکی از اعضای خود را مأمور کرد که به ماربورگ



شکل ۱۸۰. طرح اولیهٔ ماشین ساوری.



شکل ۱۸۱. طرح اولیه و اصول کار ماشین ساوری.

نامه‌ای بنگارد و از پاپن دعوت شود که برای ادامهٔ تجربیات خود به لندن بازگردد.

در همان حال ساوری هم به عضویت انجمن پادشاهی پذیرفته شد و او که بیش از پاپن به نتایج احتمالی کار واقف بود، بی‌درنگ به تحقیق دربارهٔ استفادهٔ تجارتی از ماشین آتشی خود آغاز کرد، و موفق شد.

هستهٔ اصلی این ماشین عبارت بود از (شکل ۱۸۱):

بخار آبی که دیگ B تولید می‌کند از شیر C می‌گذرد و وارد ظرف S می‌شود. با وارد آوردن فشار روی آب ظرف S، آب در لولهٔ A بالا می‌رود و در آنجا به تراز بالاتری دست می‌یابد. زمانی‌که ظرف S خالی است با بستن شیر C، بخار می‌تواند مایع شود و در ظرف S ایجاد خلأ کند؛ سوپاپ b و لولهٔ D آب را می‌مکند و ظرف S پر می‌شود. در جریان این عمل، سوپاپ a به‌جای خود برمی‌گردد و مانع از آن می‌شود که ستون آب A سقوط کند. وقتی S با آب پر شد، عملیات از نو شروع می‌شوند.

این ماشین می‌تواند در هر دقیقه چهار بار ظرف S (۵۲ گالن آب، مجموعاً) را به ارتفاع ۵۵ پا بالا برد.

بدین‌ترتیب دو فاز پیاپی وجود دارند: مکش ـ فشار؛ برای داشتن بازدهی پیوسته، می‌توان دو ظرف S را به یکدیگر مربوط کرد تا درحالی‌که یک ظرف پر است ظرف دیگر خالی باشد. این سیستم در نشریه *Philosophical Transactions* سال ۱۶۹۹ ارائه شده است.

توانی که دستگاه ایجاد می‌کند برابر است:

کار انجام گرفته در دقیقه:

$$۴/۵۴ \times ۵۴ \times ۱۷/۹ = ۴۳۸۹\text{kgm}$$

توان دستگاه برحسب اسب‌بخار (۷۵ اسب در ثانیه)

$$۱/۷۵ \times ۶۰ = ۱/۴۵۰۰ \times ۴۳۸۹$$

که کمی از یک اسب کمتر است و اگر دستگاه دو ظرف داشته باشد، دو اسب توان آن است.

ساوری دربارهٔ بازدهی و توان دستگاه ساختهٔ خود گزاف‌گویی کرده بود. او گمان می‌برد که می‌تواند آب را به ارتفاع ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ پا بالا برد، بشرطی‌که ظرف دستگاه استحکام کافی داشته باشد. اما ارتفاع واقعی موردنظر او ۶۰، ۷۰، یا ۸۰ پا بود (*The Miner's Friend*).

درواقع هرگز از سطح ۴۰ پا آب بالاتر برده نشد، این ارتفاعی است که برای دستگاههایی که

در آن زمان می‌توانستند بسازند، مرز شمرده می‌شود. ماشینی که در یورک آزمایش شد، در ارتفاع فشاری ۹۰ متری در هم شکست، «گرما آن‌چنان زیاد بود که لحیمها ذوب شدند و قطعات ماشین در محل درز از یکدیگر جدا گردیدند» (Désaguliers).

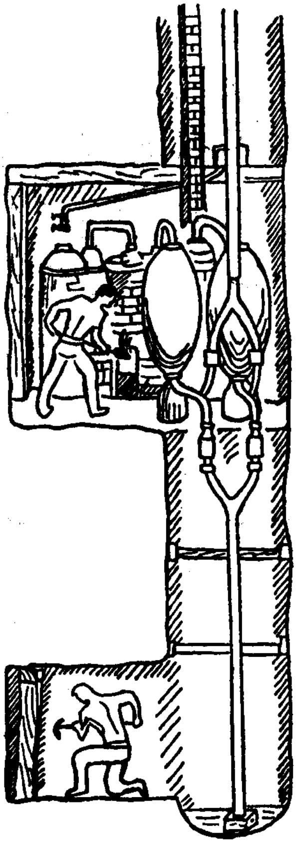
علاوه‌بر آن باید توجه داشت که تماس مستقیم بخار با آب سرد منجر به میعان سریع می‌شود و مصرف بسیار زیاد بخار، ماشین را از نظر اقتصادی بسیار کم‌صرفه می‌کند. برای اینکه دستگاه در معادن کار گذاشته شود (شکل ۱۸۲، تصویری از یکی از این تأسیسات)، باید ماشین را در کمتر از ۲۴ پا (۷/۵ متر)، بالاتر از سطح آبی که باید با تلمبه خالی شود، قرار داد. حضور این ماشین، که همیشه از انفجار آن بیم داشتند، اعتماد لازم معدنکاران را به‌دست نیاورد؛ علی‌رغم نیاز مبرم به وسایل تخلیهٔ آب، وقایع نشان می‌دادند که برای ماشین ساوری در معادن، آیندهٔ روشنی وجود ندارد. این ماشین در معادن سرباز موفقیتهایی به‌دست آورد، لیکن رواج آن در سدهٔ هجدهم، زمانی‌که ماشین نیوکامن[1] رواج یافت، بسرعت پایان پذیرفت.

پاپن از پیستون استفاده می‌کند: طی مدتی که ساوری به موفقیتهایی دست می‌یافت، پاپن در کاسل به اندیشه‌های بارآور خود ادامه می‌داد. او که به‌طور قطعی، روی همان اصلی کار می‌کرد که ساوری در مسیر آن بود، به‌کمک ذهن منطقی و متفکر خود آن را به پیش می‌برد. در این‌زمان پاپن از نوشته‌ها و ساخته شدن ماشین او اطلاع داشت. لایبنیتس درگذر از لندن در سال ۱۷۰۵ نکات جالب و طرحهای نمایش‌دهندهٔ آن را برای پاپن فرستاد. پاپن نامه و طرحهای لایبنیتس را برای لاندگراف ارسال داشت. لاندگراف که به ساخته شدن این دستگاه بسیار علاقه داشت، پاپن را به ادامه کار در این طرح تشویق کرد و چیزی که برای به پایان رسانیدن کار پاپن اساسی بود، کمکهای مالی برای ساخت ماشین تازه او بود.

پاپن از ماشین ساوری کورکورانه تقلید نکرد، او توانست از تجربیات و تفکر خود در تکمیل این ماشین استفاده کند، در نتیجه، ماشینی را طرح کرد که از بزرگترین نقایص اختراع ساوری بری بود. پاپن ماشین نوین خود را «موتورالکتور» نامید که برای تجلیل از لاندگراف بود که از او از هر حیث پشتیبانی کرده بود، و در سال ۱۷۰۷ در مجموعه‌ای با نام «روش نوین برای بالا آوردن آب به‌کمک نیروی آتش؛ با توضیحات دنی پاپن دکتر در پزشکی و استاد ریاضی در ماربورگ، مشاور S.A.S هسه و عضو انجمن پادشاهی لندن» این ماشین را به زبانهای لاتین و فرانسه به مردم معرفی کرد. این کتاب در کاسل به همت یاکوب اتین[2] کتابدار دربار و یان گاسپار فوگل[3] به چاپ رسید.

۱. Thomas Newcomen ۱۶۶۳ ـ ۱۷۲۹ آهنگر و مخترع انگلیسی.

2. Jacob Estienne 3. Jean Gaspard Voguel

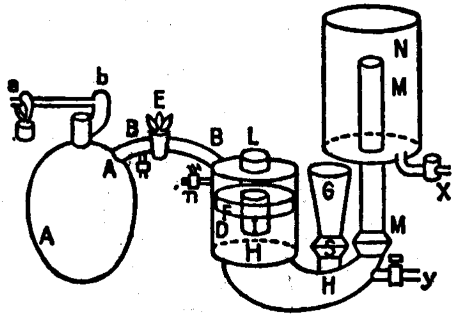


شکل ۱۸۲.ماشین ساوری، که در یکی از معادن نصب شده بود.

پاپن برای حفظ روابط حسنهٔ خود با لندن، خاطرات خود را برای انجمن پادشاهی ارسال داشت. نامهٔ ارسالی او، اندیشه‌ها و گرایشهای آن زمان را بخوبی منعکس می‌سازد در عین‌حال نگرانی نویسنده را در مورد به‌دست آوردن تصدیق آن انجمن، که به پشتیبانی آن می‌توانست از اختراع خود استفاده کند، آشکار می‌سازد.

ارائه دقیق ماشین پاپن را از دفترچهٔ خاطرات او استخراج کرده‌ایم (شکل ۱۸۳): «طرز ساختن ماشین حاضر بدین شرح است. A یک قرع مسین به قطر ۲۰ تا ۲۱ (در بزرگترین قسمت)، و ارتفاع ۲۶ اینچ است. این قرع را می‌توان دربسته در کوره‌ای آجری گذاشت . . .»

«. . . این قرع می‌بایست در سر خود، یک لولهٔ خمیده ABB داشته باشد که شیر Eرا به آن



شکل ۱۸۳. ماشین پاپن سال ۱۷۰۷.

لحیم کنند، راه عبور بخار از آن شیر است. . .»

«. . . بخارهای داغ محتوی ظرف A بشدت در لولهٔ ABB وارد می‌شود، بی‌درنگ باید شیر E را بازکرد تا پیستون F در تلمبهٔ D به پایین رانده شود. . .»

«تلمبهٔ D قطرش ۲۰ اینچ است و پیستون F آن، مسافتی حدود ۱۶ اینچ را طی می‌کند، بدین ترتیب به‌آسانی می‌توان حساب کرد که این پیستون در هر عمل می‌تواند ۲۰۰ پوند آب را از تلمبه D بیرون راند.»

«ما همچنین می‌توانیم حساب کنیم که چنانچه لولهٔ G طوری ساخته شود که در باریکترین قسمت خود ۸ اینچ قطر داشته باشد، و نیز اینکه اگر دهانهٔ G (که آب از آن دهانه باید تلمبه D را پر کند)، ۸ اینچ بالاتر از شیر n باشد (که آب همین‌که در تلمبهٔ D به‌قدر کافی وارد شد، اضافهٔ آن از شیر n خارج می‌شود)، آیا نمی‌توان گفت که محاسبه به ما نشان خواهد داد که برای اینکه تلمبهٔ D بتواند ۲۰۰ پوند آب را در مدت کمتر از یک دقیقه وارد ظرف کند، کافی است؟ لولهٔ G که به درون لولهٔ خمیده و بزرگ HH راه دارد، دهانهٔ گشادش به تلمبهٔ D مربوط می‌شود.»

«پیستون F که یک استوانه فلزی توخالی و کاملاً جفت و جذب است، نباید زیاد سنگین باشد، زیرا ممکن است آب وارد آن شود. این استوانه باید روی آب شناور باشد تا اینکه همیشه در زمانی‌که تلمبه پر شده است، این پیستون بالای آن قرار گیرد. در این پیستون باید به لولهٔ I توجه کرد که سرش باز و ته آن بسته است و از میان پیستون می‌گذرد و بدقت هم در پایین و هم در قسمت سرپوش لحیم شده است. مقداری آهن سرخ شده را از دهانهٔ L وارد این لوله می‌کنند، که در بالای تلمبه همیشه معلق است. کاربرد این قسمت افزودن نیروی بخاری است که به لوله ABB وارد می‌شوند . . .»

«... در دهانهٔ کوچک لولهٔ HH لولهٔ MM لحیم شده است که بخشی از آن لوله در استوانه N قرار دارد. این استوانه باید سه پا ارتفاع و ۲۳ اینچ قطر داشته باشد تا اینکه در ارتفاع یک پایی، ۲۰۰ و تمام آن ۶۰۰ پوند آب گنجایش داشته باشد. بدین‌ترتیب زمانی‌که این ظرف تا ارتفاع دوپایی از آب پر شد هوای آن کم می‌شود و بیش از ۱/۳ فضای معمولی خود را نمی‌گیرد و در نتیجه می‌تواند تنها ۱۶ پا، علاوه‌بر ۳۲ پا، ارتفاع معمولی، آب را نگاهدارد.»

پاپن می‌اندیشد که منبع دستگاه در یک ثانیه و در همان مدت خالی می‌شود و نتیجه می‌گیرد که در هر دقیقه ۳۰ رفت و برگشت اتفاق خواهد افتاد. اما با کارهایی که می‌بایست با شیرها انجام می‌گرفت منطقی است که هر رفت‌وبرگشت ۱۰ ثانیه طول بکشد. وانگهی چنانچه آب بالا آمده باشد، می‌بایست حداقل ارتفاع را که ۱۶ پا (۵٫۲۰ متر) می‌باشد، به‌حساب آورد.

مراحل تکمیلی و توان واقعی ماشین پاپن: این ماشین بنابر آنچه خود پاپن توصیف می‌کند، می‌بایست توان آن در هر لحظه برابر $۵۲/۱۰۰ \times ۲۰۰ \approx ۵۰$ کیلوگرم در هر ثانیه یا ۲/۳ یک اسب بخار باشد. اما پاپن با حساب‌کردن روی ۶۴ به ۱۶ پا یعنی ۴۰ پا و ۳۰ رفت‌وبرگشت در هر دقیقه نسبت به آن غلو کرده بود و توان آن را برابر $۱۳/۲ \times ۲۰۰ = ۶۵۰$ کیلوگرم در هر ثانیه، یا ۸٫۶۵ اسب بخار برآورد کرده بود که برابر ۵۰ کارگر است.

با افزایش ابعاد ماشین و نیز فشار بخار آب، او فکر می‌کرد که بتواند ۵۰۰ برابر نیروی یک کارگر از آن ماشین استحصال کند، درحالی‌که برای تصدی ماشین، تنها یک نفر کافی است.

درحالی‌که کاربرد خرده‌های سرخ‌شدهٔ آهن عملی به‌نظر نمی‌آمد، باید با این‌همه ابتکار، آن‌را به‌حساب پاپن گذاشت. او بخار آب فراتافته‌ای را به‌نمایش گذاشت، اندیشه‌ای که بعدها مطرح شد. مخزن هوا، برخلاف ادعای پاپن، اختراع شخص او نبود. این ابتکار از آن ماوتش[1] نامی از اهالی نورمبرگ است که درنظر داشت، جریان آبدهی تلمبه‌های آتش‌نشانی را منظم گرداند. پاپن برای اینکه آب تحت فشار، اما بدون منبع مرتفع داشته باشد، از این ابتکار استفاده کرد. این ابتکار در حالتی که این ماشین برای حرکت کشتی به‌کار گرفته شده باشد، بسیار مناسب است.

پیستون شناور برای اینکه بخاری که به تلمبه می‌رسد با آب سرد تماس نداشته باشد وسیله بسیار خوبی است. وانگهی نظر پاپن در مورد دربسته بودن استوانه، ورود هوا را، که به‌نظر او در وسیلهٔ نخست مضر بود، مانع می‌شد، در این وسیله، استوانه و پیستون زیر فشار هوا بودند.

اما برخورد انجمن پادشاهی با نامهٔ پاپن چگونه بود؟ مجلهٔ *Transactions* نه گزارشی از نامه پاپن منتشر و نه متن آن را چاپ کرد. طی بیست سالی که از زمان رفتن پاپن از لندن گذشته بود

1. Mautsch

او بسیاری از تماسهای خود را از دست داده بود. اکنون او در انگلستان احساس بیگانگی می‌کرد و در آنجا با رقیبی مواجه شد که او، ساوری، نیز عضو انجمن است و ماشین خود را هم عرضه داشته است. گروهی از اعضا به پیشرفت کار ساوری علاقه‌مند بودند. تردیدی نیست که برای کسان بسیاری آسان نبود ببینند بیگانه‌ای از یک سیستم انگلیسی، که امتحان خود را هم داده است، انتقاد می‌کند. درخواست پاپن نمی‌توانست پاسخ مساعدی دریافت کند.

در آلمان، ماشینی که با کمکهای پولی الکتور ساخته شده بود، کنجکاوی مردم را برانگیخته بود؛ آنها دیدند که چگونه آب بالا آمد، اما این ماشین هیچ‌گونه کاربرد عملی در کشوری که پیشرفت صنعتی آن بسیار کمتر از کشور انگلستان بود، نمی‌توانست پیدا کند. آقای لاندگراف مقدار گزافی کمک مالی برای ساختن ماشینی هزینه کرده بود که کاربرد فوری نداشت. اختراع پاپن قربانی بی‌اعتنایی محیط شد (۱۷۰۷). تنها چیزی که در چنین اوضاعی می‌شد انجام داد، این بود که دیگر هزینه‌ای برای آن نشود و برای استفاده از فلز به‌کار رفته در آن، اوراق شود. با وجود اصرار پاپن از لایبنیتس که داوطلبانه او را پشتوانی می‌کرد، دیگر وجهی بابت ساختن ماشین دیگر (که آغاز آن در سال ۱۷۰۷ بود) که لازم داشت، دریافت نکرد. پاپن برای امر معاش خود اختراعات دیگری کرد و مغز فعال او در رشته فراورده‌های شیمیایی، ماشینهای بخار برای پرتاب کردن نارنجک و حرکت دادن کشتیها ثمراتی به‌بار آورد.

اندیشهٔ قایق موتوری: پاپن مدتها بود که در رؤیای کاربرد ماشین‌بخار درکشتیها به‌سر می‌برد. در گزارشی که در ماه اوت ۱۶۹۰ در *Acta* درج کرد، اندیشهٔ خود را در این‌باره به‌تفصیل شرح داده است:

«... به‌هرحال من در اینجا خواهم گفت که نیروی محرکه‌ای از این نوع برای حرکت دادن کشتیها چه مزایایی دارد: ۱) پاروزنهای معمولی با وزن خود باری به کشتی می‌افزایند و حرکت آن را کند می‌سازند؛ ۲) آنها فضای زیادی اشغال می‌کنند و در نتیجه جا را در کشتی بسیار تنگ می‌سازند؛ ۳) تعداد لازم از آنها همیشه در دسترس نیستند؛ ۴) پاروزنها، چه در دریا کار کنند و چه در بندر، باید آنها را غذا داد که هزینهٔ آن‌هم چیزکمی نیست. لوله‌های ما، برعکس پاروزنها، بار بسیارکمی به کشتی می‌افزایند و جای کوچکی اشغال می‌کنند، آنها را به‌هر مقدار ازکارخانهٔ سازنده، می‌توان خرید؛ و در پایان باید گفت که این لوله‌ها تنها زمانی‌که کار می‌کنند، چوب می‌سوزانند و در بنادر هیچ هزینه‌ای نخواهند داشت. اما چون پاروهای معمولی پیشنهادی من فاقد حرکت منظم و راحت هستند، باید از چرخهای پاروداری که در خاطر دارم، ماشین ساخته شده در لندن طبق

سفارش شاهزاده روپرشت پالاتینایی دارای آن بود، استفاده کرد. این چرخها بوسیلهٔ اسبهایی به کمک پاروهایی از این نوع عمل می‌کردند و قایق سلطنتی را، که معذلک ۱۶ پاروزن داشت، با فاصلهٔ زیادی به‌دنبال خود حرکت می‌دادند. تردیدی نیست که لوله‌های ما از اعمال حرکت دورانی به پاروهای متصل به یک محور ناتوان است، مگر اینکه دسته‌های پیستون دندانه‌هایی داشته باشند که در چرخهای دندانه‌داری که به محور پاروها متصل هستند، درگیر شوند. سه یا چهار لوله می‌توانند به یک محور درگیر شوند تا اینکه حرکت آنها پیوسته و لاینقطع ادامه داشته باشد. در حقیقت زمانی‌که یک پیستون به انتهای رفت خود می‌رسد، و در نتیجه دیگر نمی‌تواند محور را، تا زمانی‌که بخار آب آن را به بالای لوله نیاورده است، بگرداند، در این لحظه درپوش پیستون دیگر به کناری می‌رود و این پیستون با پایین رفتن خود، سبب ادامهٔ حرکت محور می‌شود. پس از آن پیستون دیگر به همین طرز رانده می‌شود . . .»

«. . . وانگهی فقط یک کوره و تنها آتش کمی برای بالاآوردن پیاپی همهٔ پیستونها کافی است.»

«اما شاید کسی ایراد بگیرد که دندانه دسته‌های پیستونها که در دندانه‌های چرخها درگیر شده‌اند، زمانی‌که دسته‌های پیستونها بالا و پایین می‌روند بر روی محور، حرکتهایی در جهت مخالف اعمال کنند . . .

«هر مکانیسینی کاملاً می‌داند که وسیله‌ای که چرخنده‌ها با آن روی محور ثابت می‌شوند در گردش خود در یک جهت، محور را با خود می‌گردانند، اما زمانی‌که در جهت دیگر می‌گردند، هیچ حرکتی را به محور انتقال نمی‌دهند و محور می‌تواند گردش مخالفی داشته باشد. بنابراین دشواری اصلی ما، یافتن کارگاهی است که بتواند لوله‌های بزرگ را به‌آسانی چکشکاری کند، همان کاری که در *Acta Eruditorun* شمارهٔ سپتامبر سال ۱۶۸۸ به‌تفصیل شرح داده شده است.»

چرخهای پارودار: پاپن در آن‌زمان تصور می‌کرد که استوانهٔ بخار آب او آمادهٔ کار است و باور نداشت که باید آن را در همهٔ جزییات تکمیل کرد و قطعاتی به آن افزود. نوشتهٔ بالا که از هر لحاظ جالب است شامل اندیشه‌های بسیار و مسائل گوناگونی است که باید گشوده می‌شدند.

چرخهای پارودار را نمی‌توان اختراع پاپن دانست. ولی پاپن مدتها پیش، از این چرخها اطلاع داشت و تذکر می‌دهد که قایق شاهزاده روپرشت در گذشته از آنها با کمک اسبگرد استفاده کرده است. نویسندگان تاریخ قدیم نیز از چنین چرخی یاد کرده‌اند. اسپانیاییها تقدم کاربرد ماشین بخار، برای حرکت کشتی ۲۰۰ تنی با چرخهای پارودار را به بلاسکوگانه[1] نسبت می‌دهند، لیکن سندی که بدان استناد می‌جویند بسیار سست است (ثرستون).

1. Blasco Ganay

چیزی که پاپن به‌طور صریح پیشنهاد می‌کند کاربرد چند استوانه است که مطمئناً عمودی کار گذاشته می‌شوند و بوسیلهٔ مشعل متحرکی که در زیر آنها بود، گرم می‌شدند. همچنین محور چرخها بوسیله میله‌های دارای دنده‌های یا یکطرفه حرکت داده می‌شدند؛ ما

در نوشتهٔ مارکی دوژوفروا[1]، در اواخر سدهٔ هجدهم، بار دیگر با چنین اندیشه‌ای برخورد می‌کنیم.

درهرحال پاپن قصد عملی کردن این طرح را نداشت، در حقیقت اجرای آن‌هم کاری بسیار دشوار بود. ظاهراً او تا سال ۱۷۰۴ به تفکر دوباره در مورد این طرح لزومی نمی‌دید، اما پس از آن چون باز دربارهٔ اینکه «چرخهای پارودار» چگونه باید ساخته شوند، فکر می‌کرد و همهٔ توجه خود را بدان معطوف ساخت، آن را به پیش کشید.

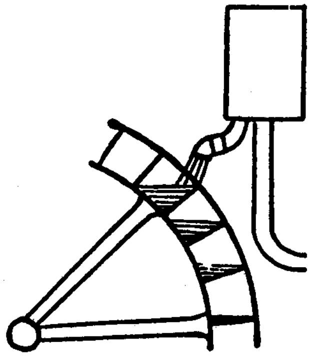
او در این زمان قایقی ساخته بود تا این سیستم حرکت‌دهنده را روی آن بیازماید. این قایق، هنوز موتوری نداشت و تا سال ۱۷۰۷ در فکر تجهیز آن با استوانهٔ اتمسفری خود نبود. در نخستین سه ماه سال ۱۷۰۷ افکار او آکنده از تلخی و مرارت بودند: ماشین الکتور اوراق شده بود. پاپن بیهوده در تلاش بود که وجهی برای ساختن یکی دیگر از آنها دریافت دارد. او نامه‌ای به انجمن پادشاهی در لندن فرستاد، اما پاسخی دریافت نداشت. خصوصیات او سبب شده بود که درکاسل دشمنان زیادی به‌هم‌رساند و بخصوص او گمان می‌برد که بتواند ماشین بخار خود را به شکلی بهتر از ماشین ساوری ارائه دهد، زیرا به گمان او دامنهٔ کاربرد آن بسیار گسترده‌تر بود. او همچنین فکر می‌کرد که برای تکمیل اختراع خود در انگلستان، زمینهٔ مساعدتری خواهد یافت، زمانی از او در انگلستان به شایستگی برخورد شده و زندگی خوشی را گذرانده بود و فعالیت صنعتی نیز در آنجا بسرعت پیش می‌رفت. بنابراین وسایل سفر خود را جمع کرد و تصمیم گرفت برای اینکه سفر او ساده‌تر و مخارج کمتر باشد، از قایق خود که در سال ۱۷۰۴ ساخته و از روی مآل‌اندیشی درپناه گذارده بود، استفاده کند.

داستان این دوره از زندگی پاپن بسیار پر شاخ و برگ و با حکایات و اشخاص غیرعادی مخلوط شده است. پاپن، گویا ماشین بخار را در قایق خود نصب و پیروزمندانه آن را آزمایش می‌کند و با خانواده خود برای رفتن به انگلستان بر آن می‌نشیند.

آخرین طرحهای کامل نشدهٔ او: بررسی مضمونها ما را به واقعیتی کاملاً مخالف داستانهای شایع رهنمون می‌سازد. قایق پاپن چیست؟ هیچ اطلاع دقیقی از آن نداریم، اما می‌دانیم که در معرض آزمایشهای مربوط به «چرخ پارودار» بوده است و تا آن زمان ماشین بخاری در اختیار او نبود.

---

۱. Jouffroy D'' Abbano ۱۷۵۱ ـ ۱۸۳۲ مهندس فرانسوی.



شکل ۱۸۴. ترکیب ماشین بخار (برای بالاآوردن آب) و چرخ هیدرولیک.

دربارهٔ بزرگی آن اطلاع ما جزیی است. شارل کابان[1] آن را بزرگ دانسته است، زیرا این قایق توانسته است ۴۰۰۰ پوند بار را حمل کند. اما این رقم را اگر به تن تبدیل کنند بزحمت دو تن می‌شود که ظرفیت بسیار کمی است.

از سوی دیگر ما می‌دانیم که پاپن، در سال ۱۷۰۷ در ذهنیات خود حرکت بوسیلهٔ بخار، اندیشه قبلی (۱۶۹۰) مربوط به استوانه‌های با فشار اتمسفر و چرخدنده و دنده‌های یکطرفه را رها کرده بود. ماشینی که این‌بار می‌خواست از آن استفاده کند، همان «ماشین الکتور» بود که فقط آب را فواره می‌کرد. برای تغییر شکل این انرژی، سیستمی که در آن موقع شناخته شده و به‌کار رفته بود، استفاده از جهش آب برای گردانیدن یک چرخ پره‌دار بود (شکل ۱۸۴)، که آب خارج شده از ظرف، تحت‌تأثیری هوای فشرده، روی پره‌ها عمل می‌کرد. آیا قایق پاپن آن اندازه بزرگ بود که بتوان چنین موتوری، دیگ بخار، استوانه، کوره با آجرهایش را در آن جا داد؟ در این‌باره می‌توان شک کرد. وانگهی ببینیم خود پاپن چه می‌گوید. او در روز هفتم ژوئیه سال ۱۷۰۷ به لایبنیتس نقشهٔ خود را برای «رفتن به انگلستان» و «ساختن کشتی جدیدی برای آزمایش در بندری چون لندن، که آنقدر عمیق است که می‌توان در آنجا اختراع جدیدی انجام داد که به‌کمک آتش، یک یا دو مرد می‌توانند کار چندین صد نفر پاروزن را انجام دهند.»

این گفته چنین معنی می‌دهد که پاپن کشتی بزرگ خود را می‌خواست در انگلستان بسازد و روی آن یک ماشین بخار نصب کند. او هنوز ماشین بخار نداشت، ماشین نخستین را اوراق کرده بودند و پولی برای ساختن ماشین دوم به او داده نشده بود.

1. Ch. Cabannes

او چنین می‌افزاید: «قصد من درواقع مسافرت بر روی همان کشتی است که درگذشته افتخار گفت‌وگو در مورد آن را با شما داشته‌ام و مردم خواهند دید که با این مدل تازه، موتور آتشی، بسیار راحت‌تر عمل می‌کند.» این کلمات بروشنی نشان می‌دهند که ماشین آتشی را نمی‌توانست در قایق کوچک خود کار گذارد. بنابراین باید گفت قایق او از نوعی بود که با چرخ پارودار حرکت می‌کرد، ولی بدون موتوری که پاپن در سال ۱۷۰۷ در اختیار داشت.

آیا او توانسته بود قطعاتی از شیرآلات را از نابودی نجات دهد و الکتور به او اجازه داده بود آنها را برای خود نگاه دارد؟ شاهزاده بی‌شک به پاپن اجازه داده بود قایق را برای خود بردارد. پاپن در نامه‌ای که برای لایبنیتس نگاشته، در مورد رضایت شاهزاده تأکید می‌کند «با لطفی که او به من نشان می‌دهد، لطفی که همیشه ابراز داشته است، بیش از آن مقداری است که استحقاقش را دارم.» آیا این جمله بیشتر مربوط به واگذاری تجهیزات به پاپن نیست تا یک اجازهٔ ساده برای بازگشت او به انگلستان؟

دلمشغولی پاپن بویژه مشکلاتی بود که او احتمالاً از جانب صنف کشتیداران رودخانه وزر[1] با آن برخورد می‌کرد و برای رفع این مشکل هم روی پشتیبانی لایبنیتس حساب می‌کرد. با اینکه هنوز پاسخ نامهٔ اول اوت خود را از لایبنیتس دریافت نکرده بود، نامه دیگری به وی نوشت:

«تجربهٔ من با قایق خودم تمام شده است. نتیجهٔ آن‌طوری است که مرا امیدوار ساخته است. نیروی جریان آب رودخانه در مقایسه با نیروی پاروهای من چنان ناچیز است که من بدشواری می‌توانم بگویم که همراه جریان، سریعتر از برخلاف جریان حرکت می‌کند. خداوند بزرگ آنقدر نسبت به من مهربان است که این نتایج نیکو را نصیب کار من ساخته است و من معتقدم اگر به امید خدا به سلامتی به لندن برسم و در آنجا کشتیهایی بسازم که دارای ساختمانی با چنین عمقی باشند بتوان ماشین آتشی حرکت‌دهندهٔ پاروها را در آنها کار گذاشت. من متقاعد شده‌ام که ما می‌توانیم عملیاتی انجام دهیم که برای کسانی‌که با چشمان خود آنها را نبینند، باورکردنش محال باشد».

این جملات بروشنی ناظر به نوع ساختمان کشتی و چرخها می‌باشند و مسأله ماشین بخار مطرح نشده است، زیرا این ماشین در آینده مطرح می‌شود، باز امید به آینده بسته شده است نه اعتماد به ماشینی که پاپن از طرز کار آن تعریف می‌کند، گرچه در مرحلهٔ آزمایشی باشد.

بدین‌ترتیب می‌بایست کاملاً پذیرفت که پاپن، برخلاف آنچه که گفته شده است و پیاپی تکرار هم می‌شود، با قایق کوچکی بدون ماشین بخار، تنها با خانواده (زیرا گنجایش قایق او بیشتر نبود)

۱. Weser رودی در آلمان که از اجتماع رودخانه‌های ورا و فولدا تشکیل می‌شود و در برمن به دریای شمال می‌ریزد.

و اثاثهٔ خود و احتمالاً قطعاتی از ماشین الکتور عازم لندن شد. در نتیجه می‌بایست داستان بسیار شایع ماشینی که کشتیبانان ساحلی آن را شکستند، و نیز با اطمینان بیشتر، این گمان را که کشتیبانان در وجود ماشین او رقیبی برای کار خود می‌دیدند، را به دور انداخت.

اما درواقع آنچه رخ داده است (و این امر ظلم به پاپن است)، مبارزه‌ای برای حقوق و امتیازات کشتیرانی بر روی رودخانه وزر است، که پاپن از لحظهٔ تصمیم خود برای رفتن به برمن با قایق از آن می‌ترسید و منجر به فاجعهٔ کشیدن قایق او به ساحل رودخانه (کاری که نشانه‌ای از سبک‌بودن آن است) و شکستن آن شد. با این‌همه در گزارشهای مربوط به این حادثه شوم، اشاره‌ای به خراب کردن هیچ ماشینی نشده است.

پاپن پس از این شکست که امید آخرین او را به یأس مبدل ساخت؛ خانواده خود را رها ساخت، یا خانواده‌اش او را تنها گذاردند و او تنها عازم انگلستان شد. ما می‌دانیم که در آغاز سال ۱۷۰۸ پاپن در لندن بود و در ۱۱ فوریه، انجمن پادشاهی نامه‌ای از وی دربارهٔ کشتی بخاری دریافت داشت، و با وجود اهمیتی که ماشین ساوری به‌دست آورده بود، پاپن می‌بایست برتری ماشین خود بر آن ساوری ثابت کند و او برای این کار، مقایسه‌ای را پیشنهاد می‌کند:

«من پیشنهاد می‌کنم . . . در اینجا ماشینی نظیر ماشین کاسل خود بسازم و این ماشین بتواند کشتیها را حرکت دهد (پاپن درنظر گرفته بود که چنین کاری از ماشین ساوری تقریباً ساخته نیست)، درعین‌حال از عهدهٔ «کار دیگری که روش ساوری آن را انجام می‌داد» برآید. . .».

«چنانچه ماشین من موفق شد، من با تواضع تمام درخواست می‌کنم که هزینه‌های ساخت ماشین، وقت و زحمات من جبران شود و من همهٔ آنها را ۱۵ پوند استرلینگ برآورد می‌کنم(!)» نامهٔ او خوانده شد و چون که او عضو انجمن پادشاهی بود، این حق را داشت. اما ساوری که موقعیت بسیار استواری به‌دست آورده بود، از ماشین خود دربرابر مزایای فرضی ماشین پاپن دفاع کرد. پیشنهاد پاپن پذیرفته نشد و حتی مورد بحث قرار نگرفت و افتخار دریافت پاسخ را نیافت.

پاپن سالخورده به محیطی گام گذاشته بود که نسبت به زمان عزیمت او از لندن بسیار تغییر یافته بود. او از هسه تنها آوازهٔ موجود بدبختی را با خود داشت، که شکستهایش او را از پای درآورده بودند، بنابراین او و اندیشه‌هایش در لندن به چیزی گرفته نشدند و تنها او را مستحق ترحم دانستند. از آن زمان به بعد با وجود خواهشهای مکرر او از اعضای انجمن پادشاهی، او همانند گذشته، نتوانست توجه هیچ مقام یا مرکزی را نسبت به‌کار خود جلب کند. پاپن که به زندگی با فقر و با کمکهای ناچیز و صدقات محکوم شده بود، حدود سال ۱۷۱۲ یا ۱۷۱۴ درگذشت.

سرگذشت پاپن گرچه سالهای نخستین سدهٔ هجدهم را نیز دربر می‌گیرد ولی مربوط به سدهٔ هفدهم است و با شکست قطعی نظراتش پایان یافت. پاپن اندیشهٔ ماشین اتمسفری با بخار و دارای پیستون را مطرح ساخت و بعداً آن را رها کرد. او می‌خواست ماشینی بر همان اصول ماشین ساوری را کامل کند، اما نتوانست رجحان سیستم خود را بر ماشین ساوری بقبولاند.

بعدها ماشین ساوری هم جای خود را به ماشین نیوکامن داد که بر همان اصل استوانه و پیستون بود. این ماشین در سدهٔ هجدهم رواج بسیار یافت، اما پاپن در کار عملی و موفقیتهای بعدی آن نقشی نداشت.

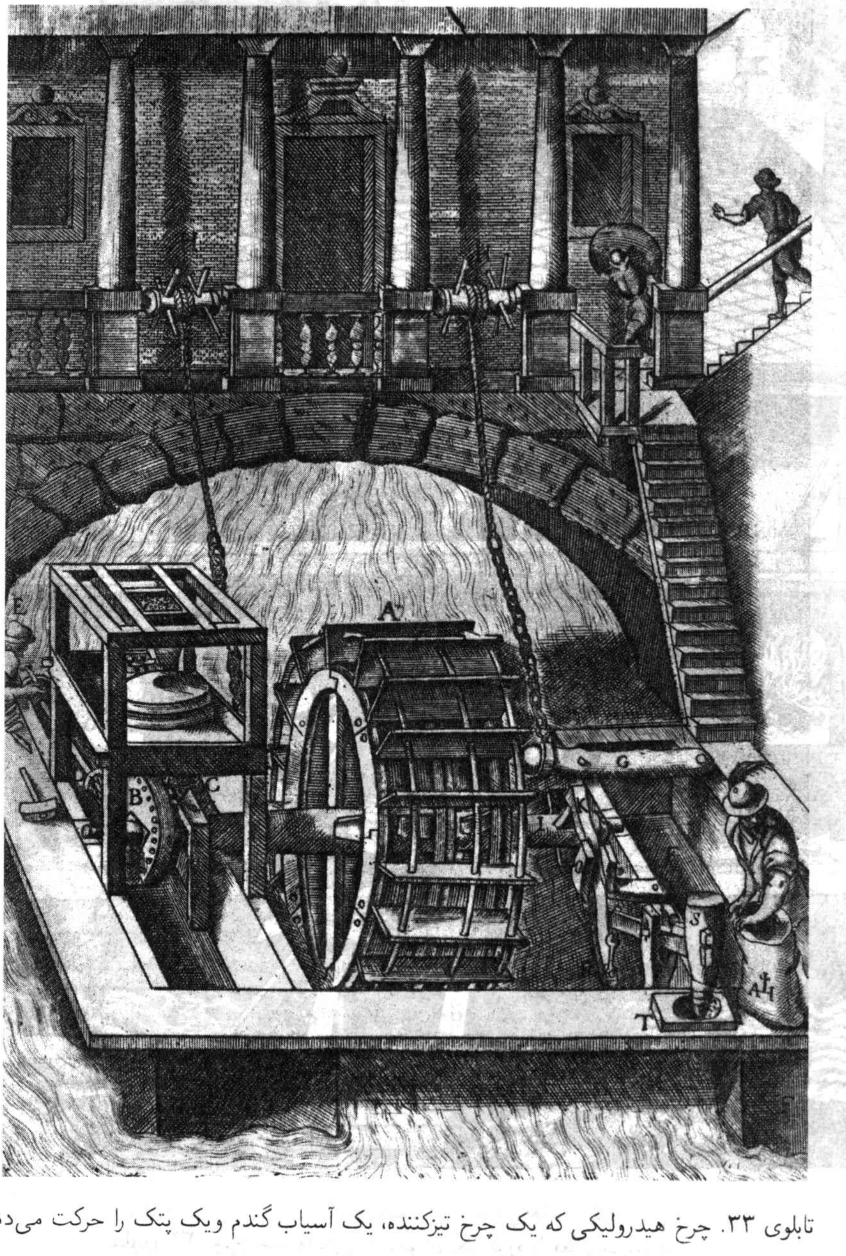
زندگانی و کار پاپن هرچند که در سالهای نخستین سدهٔ هجدهم پایان پذیرفت و در عصر گسترش انرژی با روش ماشین بخار، سهمی بدو تعلق نمی‌گیرد، اما می‌توان آن را از زمرهٔ زندگیهای آزمایش و خطا و تجارب بی‌حاصل به‌شمار آورد.

کتاب‌شناسی

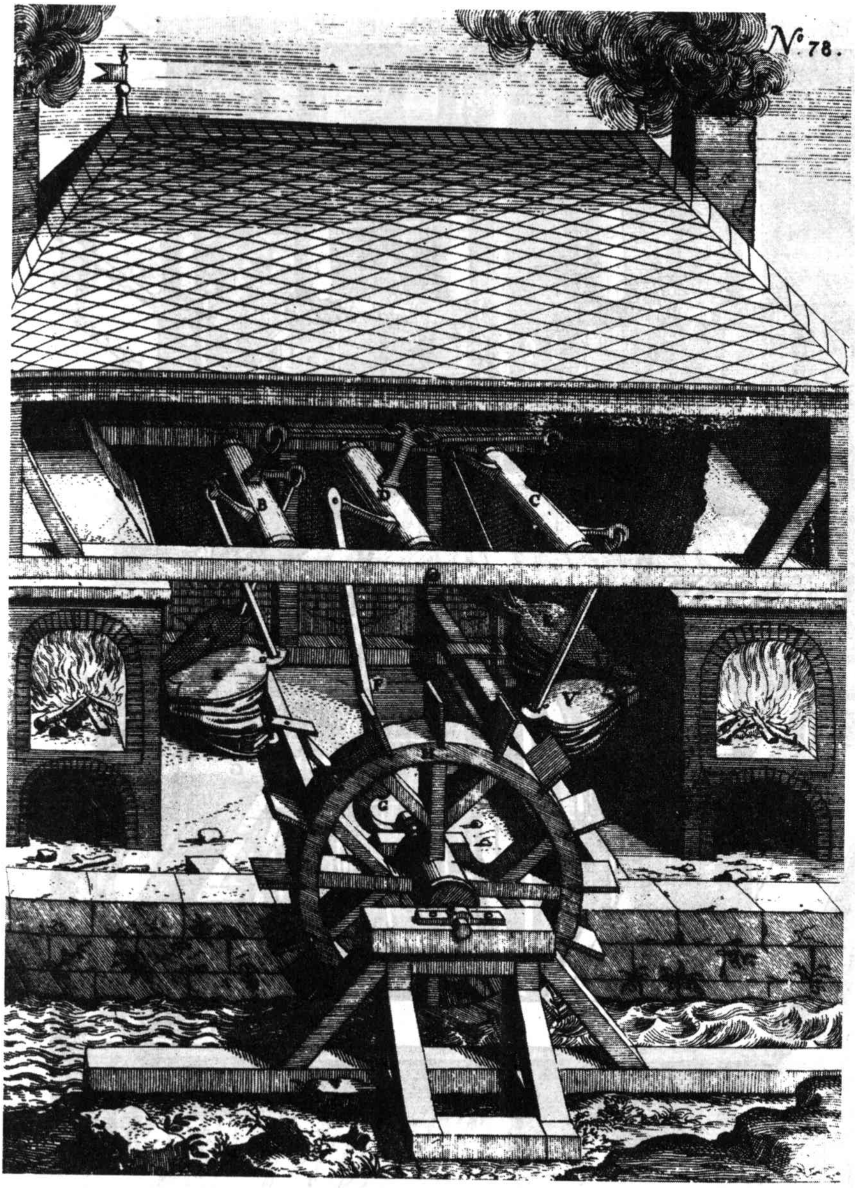
CABANES (Charles), *Denys Papin, inventeur et philosophe cosmopolite*, Paris, Sfelt, 1935.

DICKINSON (H. W.), *A Short History of the Steam Engine*, Cambridge, University Press, 1939.

FORBES (R.-J.), *La technique et l'énergie au cours des siècles*, Paris (Conférences et Expositions du Palais de la Découverte), 1956.



تابلوی ۳۳. چرخ هیدرولیکی که یک چرخ تیزکننده، یک آسیاب گندم و یک پتک را حرکت می‌دهد.



تابلوی ۳۴. چرخ هیدرولیکی که دمهای یک کوره را فعال می‌سازد.

کتاب پنجم

تکنیکهای ارتشی

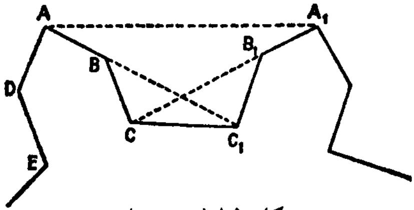
۱۸

استحکامات

دوران ۱۵۰۰ تا ۱۷۰۰ شاهد پیدایش استحکامات نوینی است که بمنظور دفاع در برابر حملات توپخانه و پاسخ به حمله‌کنندگان با سلاحهای آتشین خود آنها ایجاد می‌شدند.

این نوع استحکامات‌سازی، که کار معماران و مهندسان، از سان میکلی تا ووبان بود، با استفاده از شکل باستیونی استحکامات، به دفاع از شهرها مشخص می‌شود. طرح استحکامات چند گوشه‌ای (باستیون)، از زمانهای بسیار دور برای دفاع از حصارهای شهر و دژها، همراه با دیوارهای رابط و دژهایی که به مدافعان امکان می‌دهند تا با دشمن که به دیوارهای دژ نزدیک می‌شوند مقابله کنند، وجود داشته است.

کاربرد توپخانه با نیروی پرتاب گلوله‌ها به فواصل دور، که در آن فواصل نیز ویران می‌کنند، با شروع سدهٔ پانزدهم، شرایط حمله و دفاع را عمیقاً دگرگون ساخت. استحکامات قدیمی کم‌وبیش برای ایستادگی دربرابر سلاحهای باروتی ساخته شده بودند. آنها می‌توانستند این سلاحها، بویژه توپهای سبک اولیه را در بالا، یا یکی از طبقات قلعه، مستقر سازند و از مزغلها و شکافهایی که در



شکل ۱۸۵.جبهۀ باستیونی.

دیوارها ایجاد کرده بودند تیراندازی کنند. درحالی‌که توپهای سنگین را نمی‌شد روی قلعه‌ها یا پشت دیوارها کار گذاشت.

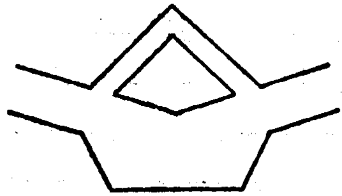
باستیون: باستیون از آغاز جزء استحکامات جناحی نبود، بلکه خاکریزی همکف با زمین بود. باستیون به یک ایوان خاکی در اطراف و در جلوی دژها یا شهرها گفته می‌شد که توپهایی را که بدلیل وزن یا حجم زیاد نمی‌شد در محل مسقفی جای دهند، بر روی آن استقرار می‌دادند.

بعدها باستیون جای دیوار را گرفت، زیرا دیوار به‌عنوان عنصر اصلی استحکامات نقش خود را از دست داده بود. در چنین اوضاعی برای آتش پیاده نظام و توپخانه که بتوانند دو سوی جان‌پناهها و اطراف باستیونهای مجاور را بزنند، لزوم استحکامات جناحی احساس می‌شد.

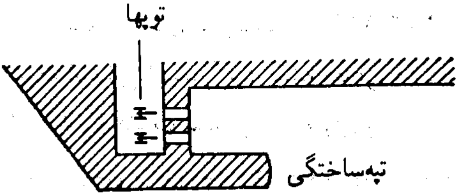
جبهۀ باستیونی (شکل ۱۸۵)با مسیر عمومی AA_1 بوسیلۀ خط چند گوش $EDABC_1B_1A_1C$ تشکیل شد، تا همۀ جبهه زیر پوشش آتش مدافعان قرار گیرد. قسمت AB, A_1B_1 که جبهه‌های باستیون هستند، جناحهای BC و B_1C_1 اطراف را می‌زدند. آتش جناح B_1C_1 می‌توانست، حمله‌کنندگان را که به BA می‌رسیدند، بزند و دیوار رابط CC_1 جناههای C_1B_1 و CB را می‌پوشانید.

ابعاد عناصر مختلف این چندگوش را برد آتش سلاحها، بویژه تفنگهای مدافعان تعیین می‌کرد. مدتی نگذشت که در اثر پیشرفتهایی که در تکنیک تفنگهای نوع قره مینا و موسکه ایجاد شد، برد مؤثر گلوله از ۲۵۰ متر به ۵۰۰ متر رسید؛ بدین‌ترتیب مسافت AA_1 بین پیشامدگیهای جبهۀ باستیونی از ۳۵۰ متر سدۀ شانزدهم به ۸۰۰ متر در سدۀ نوزدهم رسید.

کارهای تکمیلی: نقطۀ ضعیف واقع در قسمت دیوارهای رابط، با ساختن حصاری موقتی در جلوی باروها از میان می‌رفت. این حصار دوم را جلوخان می‌گفتند که محیط خارجی آن را جبهه‌های باستیون می‌پوشانید.



شکل۱۸۶. جلوخان.



شکل۱۸۷. کاپونییر.

برای مقابله با دشمنی که به خندقها رسیده و قصد هجوم به باروها را دارد، می‌تواند در خود خندقها، در زوایای بی‌روح دیوار، خود را از گزند آتش در امان دارد. اما در چنین موقعیتی آتش کاپونییرهای[1] واقع در سنگرهای درون خندق دشمن را درو می‌کند، این سنگرها تا دقایق آخر از اجرای آتش خودداری می‌کردند و تنها در لحظات آخر عمل می‌کردند و دشمن را در پای دیوار قلعه به گلوله می‌بستند. این کاپونییرها از گلوله‌های توپخانهٔ دشمن در امان بودند زیرا تپه‌های ساختگی مانع دیده شدن کاپونییرها بودند (شکل ۱۸۷).

اندازه‌های عناصر مختلف استحکامات برحسب تعداد و اهمیت سلاحهایی بود که برای هر سمت این چند گوش اختصاص داده می‌شد. هر یک از جناحهای CB و C_1B_1 می‌توانستند دو توپ داشته باشند. قرارگاه پیاده نظام نیز در نقشه آنها معین می‌شد.

چگونگی ترکیب عناصر هر استحکامات، کار مهندس بود؛ لیکن در دوران رنسانس معمار و صنعتگر نیز در این مورد اظهارنظر می‌کردند و ما در فهرست نام سازندگان استحکامات، نام بزرگترین معماران آن زمان را می‌بینیم که نوآوریهایی داشته‌اند.

درگذشته از نقشه‌های شهرهایی نام بردیم که براساس دفاع آنها و ترکیب ساختمانهای دفاعی تهیه شده‌اند؛ از جمله می‌توان از آنورس (۱۵۴۰) و پالما نووا[2] (۱۵۹۵) نام برد. اما حتی پیش از شروع سدهٔ شانزدهم هم معمارانی بوده‌اند که در ساختمانهای نظامی کار کرده‌اند.

سازندگان: برونلسکی (۱۳۷۵ـ۱۴۴۶) معمار و پیکرتراش، دژی در میلان و نیز دژ ویکو پیسانو[3]، هر دو دژ پیسا، استحکامات پون ـ آ ـ مارک[4] و نیز استحکامات بندر پزارو[5] را بنا کرد. وزاری[6] دربارهٔ او گفته است: «هر دولتی که معماری مانند او را داشت دیگر نیازمند اسلحه برای دفاع از خود نبود.»

---

۱. Caponniére سنگرهایی که برای تیراندازی به دو طرف مقابل ساخته می‌شوند.

2. Palma Nova 3. Vico Pisano 4. Pont-a-Marc 5. Pesaro

۶. Vasari جورجو ۱۵۱۱ـ۱۵۷۴، معمار و نقاش ایتالیایی و نویسندهٔ تاریخ هنر.

میکلو تسودی بارتولومئو[1] (۱۳۹۶ـ۱۴۷۲) که معمار کاخ پالاتسوریکاردی[2] در فلورانس و شبکهٔ آبرسانی آسیس[3] بود، نقشهٔ دفاعی دژ پروچا را تهیه کرد. لئوناردو در حدود سال ۱۵۰۲ چند نقشهٔ استحکامات تهیه کرد، که هنوز وجود دارد. برامانته (دوناتودانیولو)، که او نیز مهندس نظامی بود، با نوعی تزیین ساده، دژ چیویتا وکیا را به ساختمانی هنرمندانه و جالب تبدیل کرد.

برادران سنگالو، خانوادهٔ معماران نظامی و شهرساز بودند. جولیانو داسنگالو (۱۴۴۵ـ۱۵۱۶) در سال ۱۴۷۸ در کاستلینا دژی ساخت، لیکن نتوانست از آن در برابر پادشاه ناپل دفاع کند. دژهای بورگو را نیز او ساخته است. برادر او آنتوان در دژ سن آنجلو کار می‌کرد و در عین‌حال برای پایها در ساخت باروهای نپی[4]، چیویتا کاستلانا، مونته‌فیاسکونه[5] نظارت داشت. پسران او با نامهای آنتوان (دوم) معمار سن پیر (روم) ۱۴۸۵ـ۱۵۴۶، استحکامات چیویتا وکیا را نوسازی و نقشه دژ آنکونا را تهیه کرد و سپس کار خود را در فلورانس، آسکولی[6]، پارما، پیاچنتا[7] و بورگو ادامه داد. پس از سال ۱۵۲۷ همراه پاپ کلمنس[8] هفتم به اورویتو پناهنده شد و در آنجا چاه یادمانی معروف را ایجاد کرد.

فزاجوکوندو (مرگ ۱۵۱۵) در ساختن استحکامات ورونا شرکت داشت و بعدها بسان میکلی بلند آوازه شد. در ۱۵۲۷ آلبرشت دوره (۱۴۷۱ـ۱۵۲۸) در نورمبرگ کتاب خود را تحت عنوان: *Jnstruction on the Fortification of Cities, Castles, and Towns* انتشار داد. او درصدد پشتیبانی از شیوهٔ خندقها بر آمد و می‌خواست با ایجاد پناهگاههای توپ در آنها، که ابتکار آن از ماکیاول بود، این کار را عملی سازد. او در جلوی خاکریزها، محوطه‌ای به وسعت یک میل، که برد زنبورکهای این زمان بود، را منطقهٔ ممنوعه پیشنهاد کرد. طرحهای او شامل ساختن برجهای زاویه‌ای بزرگ و همکف بود که می‌بایست با توپخانه‌هایی که در پناهگاهها مستقر می‌کردند، مجهز شوند و نیز توپخانه‌ای را بر روی صفه استقرار می‌دادند که شامل دو عرادهٔ توپ با تیراندازی جناحی و نه عرادهٔ توپ که به‌شکل نیمدایره ردیف می‌شدند. در نقشهٔ او، این برجها، بلوکهای بزرگ ساختمانی با ابعاد ۹۰ × ۴۵ متر و ارتفاع ۲۵ متر بودند. در پشت دیوار بالای خندق از یک دالان استتار توپخانه، بر روی خندق تیراندازی می‌شد. او اصل طاقهای دزد را اختراع کرد (طاقی که بار دیوار بالای خندق را کاهش می‌دهد) و نیز ابتکار ساخت جالب رجهای مایل از مصالح بنّایی از اوست، که بدین‌وسیله با آوار دیوار براثر فشار بار مقابله می‌شد. بالاخره باید گفت که دوره توانست

1. Michelozzo 2. Palazzo Riccardi 3. Assisi 4. Nepi 5. Montefiascone
6. Ascoli
۷. Piacenza یا Plaisance شهری در امیلیا رومانیا، در شمال ایتالیای مرکزی، کنار رودخانهٔ پو.
8. Clement VII

نظرات خود را در ساختمان استحکامات نورمبرگ به اجرا درآورد، اما از ساختن برجهایی که مستلزم هزینهٔ مالی گزافی بود، صرفنظر کرد.

میکلانژ که قریحه‌ای همه‌جانبه داشت، به مهندس بزرگ استحکامات شهرت دارد. پس از قتل و غارت روم، شهرها یکی پس از دیگری تسلیم شارل پنجم (شارکن) شدند، اما شهر فلورانس تصمیم گرفت دربرابر پاپ کلمنس هفتم دفاع کند. روز ۱۰ ژانویه سال ۱۵۲۹، میکلانژ به ادارهٔ کارهای استحکامات شهر منصوب شد. او دستور داد همهٔ خانه‌های خارج از دیوارها را در مسافتی حدود یک میل ویران سازند، این کار که متبکر آن دوره بود، انجام گرفت.

میکلانژ پس از دیدن فلورانس نوشت:

«به‌نظر کاپیتان چنین آمد که دروازهٔ سان نیکولو[1]، همچنین تمام حومه (ساحل چپ آرنو) تا دروازهٔ سان مینیاتو[2] به‌هیچ‌وجه قابل دفاع نیستند، زیرا کوهستان بر همهٔ این قسمتها مشرف است، بنابراین به دفاع از آنها امیدی نیست، و از این بدتر آن است که در این منطقه ساختن استحکامات ممکن نیست.»

این فکر در حقیقت به ماکیاول تعلق داشت و در سال ۱۵۲۱ آن را اظهار داشته بود، که قلعه‌ای که در جلوی یک موضع مستحکم، از پایگاه خود جدا افتاده باشد، قابل دفاع نیست، زیرا «پیوسته در زیر باران گلوله‌های توپ قرار می‌گیرد». ماکیاول به‌عنوان نمونه از باستیو نهایی یاد می‌کند که اهالی جنوا روی تپه‌های اطراف شهر خود ساخته بودند. «تسخیر این باستیونها (بوسیلهٔ لویی دوازدهم) سبب شد که طی چند روز خود شهر هم سقوط کند.»

اما میکلانژ در ساختن استحکامات بر تپهٔ سان مینیاتو، که دشمن از آن می‌توانست فلورانس را به توپ ببندد، تردیدی بخود راه نداد. روز ۵ آوریل میکلانژ برای یک سال به سمت *Governatore et procuratore generale sopra le forticozioni* (فرمانروا و مدیر کل امور استحکامات)، با حقوق روزانهٔ یک فلورن طلا منصوب شد. در ماههای آوریل و مه به لیورنو و در ماه ژوئن به پیسا رفت. در ژوئیه برای اطلاع از استحکامات نوینی که بوسیلهٔ دوک دالفونسواسته ساخته شده بود، به فرارا مسافرت کرد.

می‌گویند که ووبان از کار میکلانژ در سان‌مینیاتو بسیار تمجید کرده است. روز ۲۹ اکتبر به‌این دژ حمله شد و در روز ۳۰ اکتبر مورد اصابت ۱۵۰ گلوله توپ قرار گرفت، اما تنها خیانت سبب شد که این دژ را لشکریان پاپ و شارل پنجم تسخیر کنند. پاپ که به خدمات میکلانژ خود را نیازمند می‌دید، با وی از در مصالحه درآمد.

1. San Nicolo 2. San Miniato

در روم میکلانژ با آنتوان سنگالو در مورد استحکامات بورگو اختلاف نظر پیدا کرد، معذلک به‌کارهای خود در قسمت بارو و دروازه‌های روم ادامه داد، بخصوص در پورته پیا[1] که ساختمان آن را در سال ۱۵۵۹ به پایان رسانید.

سان میکلی: معماری که آفرینش، درک سرشار و کارهای او از دیگران درخشانتر است، کسی جز میکله سان میکلی (ورونا ۱۴۸۴ـ۱۵۵۹) نیست که در ایتالیا، که شخصیت او بی‌گفت‌وگو است، بیشتر از فرانسه شهرت دارد. همشهریان او پیکرهٔ او را که عبارت زیر: *Grande nella architettura Civile e religiosa, massimo nella militare* بر روی آن نقش شده بود، بر پا داشته‌اند.

سان میکلی علاوه‌بر ساختن تعداد زیادی کاخ و کلیسا، می‌تواند یکی از نخستین پایه گذاران استحکامات نوین، که دفاع دربرابر توپخانه از عناصر اصلی آن است، به‌شمار آید. او یکی از نخستین استادان استحکامات باستیونی بود که صد سال بعد ووبان آن را به کمال ترقی خود رساند. سان میکلی نمونهٔ کاملی از وحدت دو چهرهٔ هنرمند و مهندس در یک شخصیت است. او در مسیر پیشگامان درخشان رومی خود گام گذاشت، که از آن‌میان از ویترووویوس که عنوان Praefectus Fabrorum (سرآمد نوابغ) لژیونهای رومی را با خود داشت و معماریهای او قرنها مورداستفاده و مشهور بوده است، باید نام برد.

به‌نظر وزاری، سان میکلی همراه با آنتوان سنگالو برای مدیریت ساختمان استحکامات پارما و پیاچنتسا از طرف پاپ کلمنس هفتم استخدام شدند. سان میکلی در ورونا باستیون بسیار جالبی ساخت، این امر سبب شد که ونیزیها ساختن استحکامات لینیاگو[2] و پورتو[3] و نیز دژهای اورتسی نووو[4] را به وی سپارند.

اسفورتسا او را از ونیز دعوت کرد (ونیزیها فقط سه ماه به او مرخصی دادند) تا استحکامات منطقهٔ میلان را بازرسی کند. زمانی‌که به ونیز بازگشت، استحکامات کیوسا[5]، فریولی[6]، برگامو[7]، پسکیرا[8] و دالماسی را بازرسی کرد. او که بتنهایی نمی‌توانست به همهٔ این کارها برسد، به خواهرزادهٔ خود جووانی جیرولامو[9] مأموریت داد که در جارا[10] استحکامات بسازد و ساختمان دفاع از سبنیکو را عهده‌دار شود و خود با شتاب به جزایر کورفو، قبرس و کاندیا (کرت) که در معرض خطر ترکها بودند، مراجعت کرد. ترکها، تنها پس از دو سال محاصره (اول ماه مه سال ۱۶۶۷ـ۱۷ سپتامبر ۱۶۶۹) توانستند کاندیا را تسخیر کنند.

---

1. Porte Pia 2. Legnago 3. Porto 4. Orzi Nuovo 5. Chiusa 6. Friuli 7. Bergamo 8. Peschiera 9. Gioranni Girolamo 10. Zara

سان میکلی پس از همهٔ این کارها به ونیز بازگشت تا استحکامات لیدو[1] را که به او واگذار شده بود، انجام دهد. این کاری بس دشوار بود، زیرا زمینی مردابی و گل‌آلود داشت. سان میکلی برای اینکه جای پای محکمی در این سرزمین سست به‌دست آورد، بندی موقتی با تیر پایه‌های جفتی ایجاد کرد و آب محبوس را با تلمبه تخلیه نمود. آنگاه با جمع کردن همهٔ باربرهای ونیز، طی یک روز همهٔ آن محوطه را با قطعات بزرگ سنگ پر کرد، و زمین آنجا فشرده شد. سان میکلی بر روی چنین پایهٔ محکمی، دژ خود را برپا داشت. این دژ از بیرون با برجستگی بسیار بزرگی از سنگهای بسیار سخت می‌نمود. وزاری می‌نویسد: «این ساختمان را با یک سنگ تراشیده اشتباه می‌گرفتند، قطعات آن گرچه بسیار درشت بودند، اما بخوبی با یکدیگر چفت و بست شده بودند.»

این دژ از انتقادهای حسدآمیز و طعنه‌ها برکنار نماند؛ می‌گفتند دوام و استحکامی ندارد، بر روی زمین سست و مردابی‌بنا شده است و تنها با وزش گلوله توپ درهم خواهد ریخت.

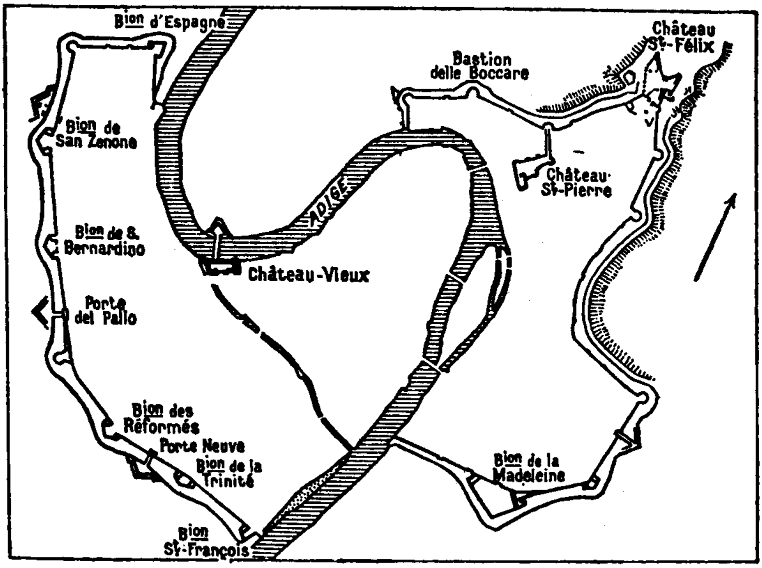
سنای شهر ونیز تصمیم به آزمایش این دژ گرفت، دستور داد بزرگترین توپها را از زرادخانه بیرون آوردند و آنها را تا دهانه پر ساختند و همگی یکباره آتش کردند «انسان گمان می‌برد پایان جهان فرارسیده است، این دژ همچون آتشفشانی می‌نمود، اما کمترین ترک و خراشی در ساختمان ایجاد نشد . . . .»

سان میکلی همچنین استحکامات مورانو را ترمیم و تکمیل کرد. هم نام او و هم نام خواهرزاده‌اش جووانی جیرولامو در همه‌جا بلندآوازه شد. شارل پنجم و فرانسوای اول بیهوده کوشیدند آنها را تطمیع و به‌همکاری با خود دعوت کنند، اما سان میکلی ترجیح داد که در ورونا بماند. استحکاماتی که او در ورونا بر پا داشته بود، نخستین نوع استحکامات باستیونی چند گوش بود.

در پایان سدهٔ پانزدهم ماکیاول به ضعف ایتالیاییها دربرابر یورش شارل هشتم (۱۴۹۴) پی‌برد: «مزغلها خوب ساخته نشده‌اند، کنگره‌ها برجها بسیار ضعیف می‌باشند، درحالی‌که در فرانسه، کنگره‌ها محکم و قطور ساخته شده‌اند و مزغلها از داخل وسیع و جادار هستند، از آنجا تا اواسط دیوار تنگ می‌شوند، سپس بطرف بیرون گشاد می‌گردند . . . ؛ درهای کشویی مشبک آنها بسیار بهتر از درهای پر، می‌باشند . . . »

نبردهای ایتالیا، مهندسان ایتالیایی را که در ساختمانهای خود دانش صافیتری را آورده بودند، تکان داد. سان میکلی در ورونا در سالهای ۱۵۲۵ و ۱۵۳۰ طرحهایی (مانند طرح باستیون چند گوش با گوشهٔ برآمده همراه با تقاطع مؤثر آتشها) را عمل کرد که فقط پس از سال ۱۵۵۰ در فرانسه عملی شد. سان میکلی خاکریزهای سکالیژر را مبنای کار خود قرار داد و حصار شهر ورونا را

1. Lido



شکل ۱۸۸.حصار شهر ورونا.

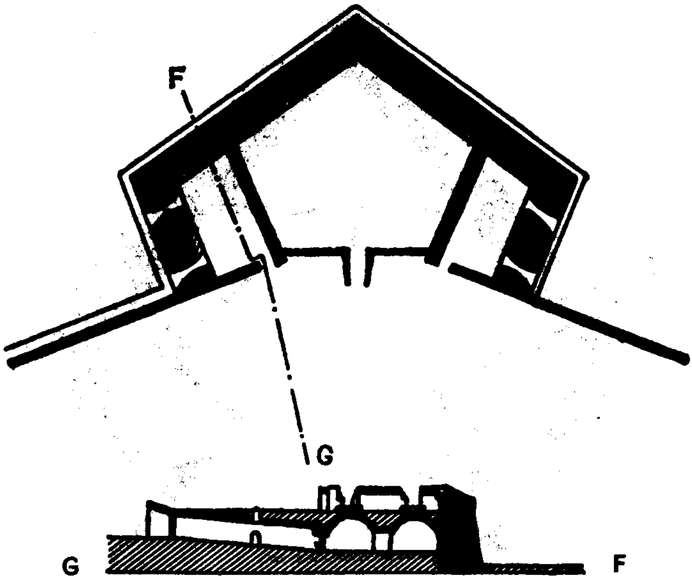
توسعه داد (شکل ۱۸۸)،و باستیونهای نوینی: مادالنا، اسپانیا . . . ایجاد کرد.

باستیون مادالنا (شکل ۱۸۹)که در تاریخ ۱۵۲۷ ساخته شد، بر اصول نوینی تکیه دارد: سطوح صاف، سکوی کمی بالاآمده که جایگاههای توپ را می‌پوشاند، استحکامات جناحی دوطبقه. باستیون اسپانیا (شکل ۱۹۰)،به‌واسطهٔ پیشامدگی نوک‌تیز خود بر آدیجه تسلط دارد. این باستیون دارای طاقهایی مخصوص توپخانه است تا توپهای جناحی در آن قرارگیرند، و نیز یک دهلیز مسقف در زیر راهرو پشت خندق دارد تا بتوان با خندق ارتباط داشت.

دروازه‌ها: اگر قریحهٔ مهندسی سان میکلی در ساختن باروها تجلی کرده است، باید گفت که دروازه‌های شهر ورونا، که واقعاً شاهکار هستند، ذوق معماری او را نشان می‌دهند.

پورتانووا در جبهٔ جنوب استحکامات، بر روی جادهٔ مانتوا به لینیاگو باز می‌شود. این بنا، ترکیبی از دروازه و گلدسته است، که طرح بسیار تازه‌ای بود. این دروازه بنای چهارگوشی بود که در وسط یک دیوار رابط دو باستیون (باستیون ترینیته و باستیون رفورمرها[1]) قرار داشت. دکوراسیون این دروازه شامل ستونهای نیم درگیر با گچبریهای روی ستون، کتیبه، چهارگوش کتیبه، سه‌ترکی (تریگلیف) بود که از یادمانهای قدیم تقلید شده بودند. نمای درونی از نظر کاربرد مصالح، کاملاً

1. Reformer



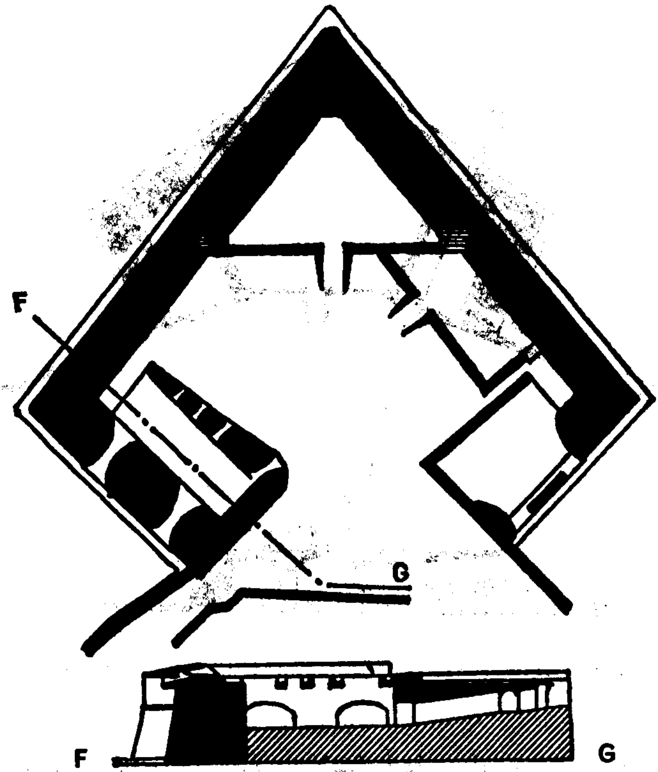
شکل ۱۸۹.شهر ورونا. باستیون مادالنا؛ نقشهٔ معماری و مقطع F-G.

حساب شده است: سنگهای آهکی نرم برای پیشامدگیها، سنگهای سخت برای پیشانی ستونها (انتابلاتور) و سر ستونها، درون ستونها با آجر قرمز پر شده است و نمای بیرونی که مقابل آتش دشمن بود، کاملاً از سنگهای سخت، سنگهای آهکی و مرمر ساخته شده است. تاریخهای ۱۵۳۵، ۱۵۳۷، ۱۵۴۰ هنوز در پایهٔ نمای درونی و چهارگوشهای کتیبه دیده می‌شود. این نما از تعادل و استحکام کاملاً برخوردار است. وزاری می‌نویسد «تا به‌حال کسی ساختمانی پر هیبت‌تر و منطقیتر از این ندیده است».

دروازهٔ پورتادل پالیو[1]، که به همان اندازه منطقی است، حتی بیش از دروازهٔ پورتانووا حساب شده ساخته شده است. می‌توان درک کرد که چرا اهالی ورونا معمار بزرگ خود را عنوان: massimo nella architettura miliare داده‌اند.

ووبان: مارشال ووبان را بدرستی به‌عنوان یکی از بزرگترین مهندسان نظامی دانسته‌اند و عبارت «کار ووبان» که بسیار تکرار می‌شود، ممکن است این توهم را در شخص ایجاد کند که ووبان مخترع این سیستمهای دفاعی است. درحالی‌که در کارهای سان میکلی و تعداد ایتالیاییهای دیگر سدهٔ

1. Porta del Palio



شکل ۱۹۰.شهر ورونا، باستیون اسپانیا؛ نقشهٔ معماری و مقطع F-G.

شانزدهم، سهمی مربوط به اختراع خود آنهاست و در کارهای ووبان چنین خصوصیتی وجود ندارد، اما این امر نباید ارزش کارهای ووبان را پایین آورد.

در تاریخ تحول تکنیک استحکامات، نقش سان‌میکلی ابداع باروها و باستیونهای مناسب دفاع دربرابر توپخانه است، و نقش ووبان بخصوص درکاربرد اصول مورد قبول سدهٔ شانزدهم و پذیرفتن اشکال منطقی و قطعی کارهاست.

ووبان، که ذهن متفکر و منطقی او بیرون از حد تحسین است، ارزش باروها را تا حد نقش ویژهٔ آنها کاهش داد، ارتفاعها را پایین آورد، زوایای بی‌روح استحکامات راکم کرد، مزغلهای زیرزمینی و محفظه‌های دیوار بیرونی خندق را گسترش داد. او ایتالیا را زیر پا نهاده و با آثار دفاعی فلورانس و ورونا آشنا شده بود. از مطالعات خود نتایج مفیدی برای رسیدن به‌حداکثرکارایی در دفاع از مواضع

مستحکم به‌دست آورده بود. بنابراین سیستمهای قدیمی زیادی را تغییر داد و سیستمهای تازه‌ای جانشین آنها ساخت. تازگی افکار او با کوشش در ایجاد مجموعه‌ای است که دفاع از خط سراسری مرز را تأمین کند، این امر او را به ساختن و نوسازی تعداد قابل‌توجهی از دژها و استحکامات شهرها رهنمون کرد.

او که با نقایص استحکامات قدیمی آشنا بود، حمله به شهرها را سازمان داد. ووبان تاکتیک حمله به شهرها با خطوط موازی را ابداع کرد؛ و نیز ابتکار ساختن استحکامات موقتی برای حمایت از حمله‌کنندگان تا به دیوارهای شهر برسند، ایجاد شکاف در باروها بوسیلهٔ توپخانه از اوست. او توانست حملاتی با دادن کمترین تلفات به شهرها را انجام دهد.

ووبان در هیچ محاصره‌ای ناکام نشد او دیوارهای شهری را که تسخیر می‌کرد از نو می‌ساخت و به برکت مساعی او آن شهرها تسخیرناپذیر می‌گردیدند. دامنهٔ کوششهای او، به‌عنوان مهندس، انسان را به شگفتی وامی‌دارد. در سال ۱۶۵۵ عنوان مهندس شاهی یافت. پس از صلح پیرنه، او را به مرزهای فرانسهٔ شمالی اعزام داشتند. زمانی‌که کشمکش در سال ۱۶۶۷ از نو تجدید شد ووبان کار محاصره شهرهای تورنه، دووه، لیل و، دول[1] را رهبری کرد. کار او در «لیل» شهرت او را جاویدان ساخت. کلبر و لوووا (فرانسوا لوتیه)[2] او را مأمور اصلاح استحکامات کردند.

در ۱۶۷۳ محاصرهٔ ماستریشت[3] و در سال ۱۶۷۴ محاصره بزانسون و دول رهبری کرد، در سال ۱۶۷۸ مدیر کل امور استحکامات شد و پس از صلح نیمگ[4]، در اطراف فرانسه از دونکرک تا پیرنهٔ شرقی، کمربند استحکاماتی ایجاد کرد. لوکزامبورگ را در سال ۱۶۸۳ تسخیر کرد و خط دفاعی آن را تغییر داد، مونس را در سال ۱۶۹۱، نامور را در سال ۱۶۹۲، شارلروا را سال ۱۶۹۳ گرفت. از برست در برابر هجوم انگلیسیها (۱۶۹۴) دفاع کرد. او در این جنگ سازمان جالبی از لشکریان داده بود که در ساحل عملیات می‌کردند و پایگاههای آن استحکامات و مواضع، مستحکم بودند. ووبان ۳۰۰ موضوع قدیمی را مرمت کرد و ۳۳ موضع جدید ساخت و ۵۳ محاصره را رهبری کرد. کارهای دریایی او بعدها بررسی خواهد شد.

مدل سیستم دفاعی ووبان و تعدادی از دژهای ساختهٔ او، در عصر نوین هم باقی بودند و تنها در اواخر سدهٔ نوزدهم، با افزایش فوق‌العاده قدرت آتش توپخانه، آنها را تغییر دادند.

---

۱. Dole شهری در ولایت ژورا، در مشرق فرانسه.

۲. Louvois ۱۶۳۹ـ۱۶۹۱ وزیر جنگ فرانسه در دوران لویی چهاردهم.

۳. Maastricht شهری در هلند، کنار رودخانهٔ موز.

۴. Nimegue شهری در هلند، صلح نیمگ در سال ۱۶۷۸ بین فرانسه از یکطرف و اسپانیا و شهرهای متحده از طرف دیگر، برقرار شد.

جنبه دیگری از کار ووبان که در سایه مانده است، اما اهمیت زیادی دارد، روحیهٔ جست‌وجوگر اوست. او همواره در سفر بود و چگونگی انجام گرفتن طرحهای خود را پی می‌گرفت و در کارگاه زندگی می‌کرد. او که ذهنی همواره هشیار داشت، نمی‌توانست دربارهٔ تأمین نیروی کار نیندیشد. به‌علت کارهای فراوانی که در پیش روی او بود، ناگزیر بر روی بازدهی کار تعمق می‌کرد و به انجام گرفتن کارها با حداقل کارگر علاقه‌مند بود. ووبان همچنین به ساختن وسایلی که برای کار مناسبتر باشند، به محاسبهٔ مقدار کاری که هر گروه می‌تواند انجام دهد و به سازمان‌دادن عاقلانه‌تر گروههای کاری بسیار می‌اندیشید. در این زمینه‌ها می‌توان او را پیش‌کسوت اشخاصی مثل ف.و.تایلور دانست که از اواخر سدهٔ نوزدهم و اوایل سدهٔ بیستم در مورد اقتصاد کارگری اندیشیده‌اند.

کتاب‌شناسی

Clément (C.), *Michel-Ange, Léonard de Vinci, Raphaël*, Paris, éd. Hetzel, s.d.

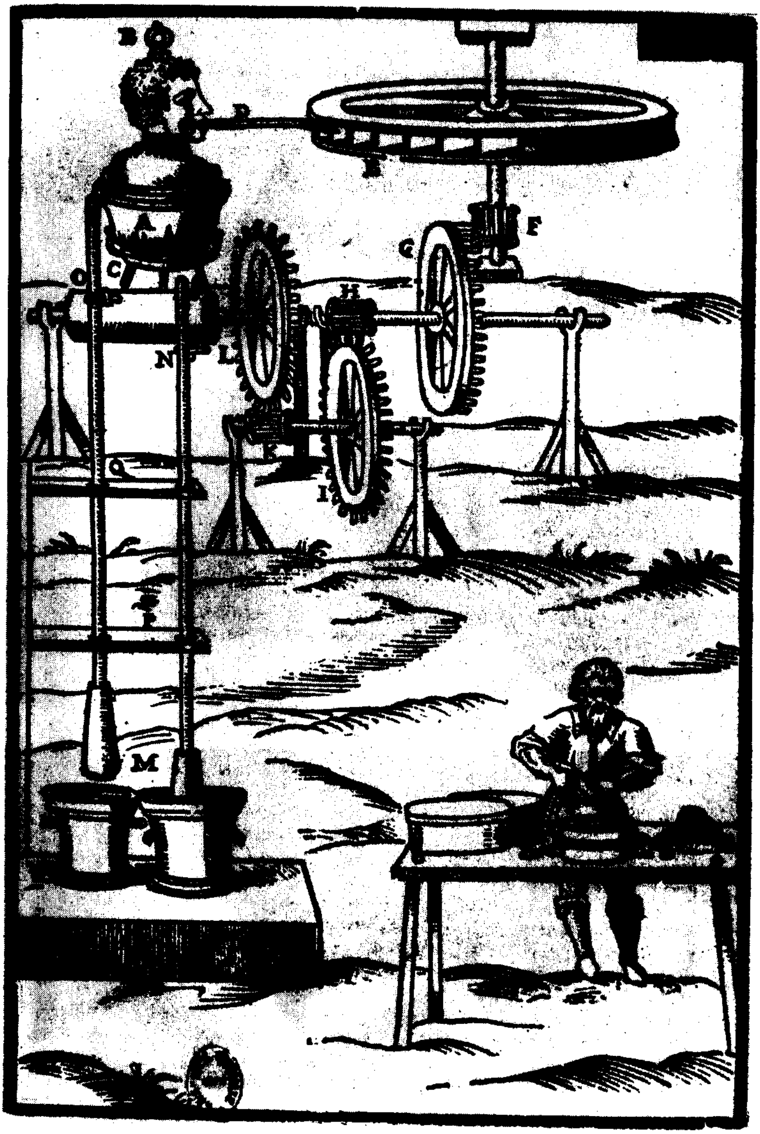
Cours de fortification, *Fortification permanente*, Ec. Polyt., 1904-1905.

Machiavel, *Traité de l'art de la guerre*, 1521.

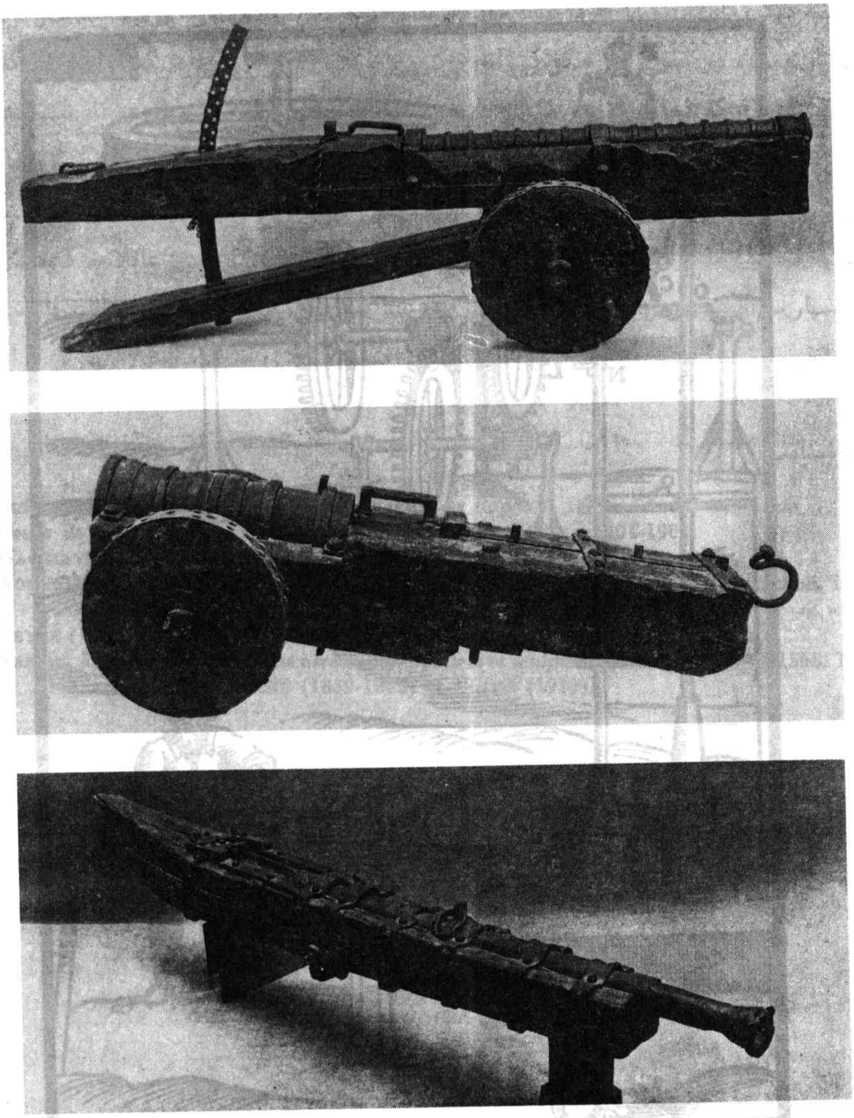
Normand (général), Architectes militaires italiens de la Renaissance, Sammicheli, in *Revue du génie militaire*, Nancy-Paris-Strasbourg, avril 1927.

Peyre (Roger), *Padoue et Vérone*, Paris, 1907.

Vasari, *Vies des plus excellents architectes, peintres et sculpteurs publiées*, 1550 et 1568. Traductions françaises de Leclanché (1839-1842) et Weiss (1913).



تابلوی ۳۵. نخستین نمایشی از اصل توربین بخاری، بوسیلهٔ برانکا.



تابلوی ۳۶. a، زنبورک سدهٔ پانزدهم، موزهٔ Porte de Hal بروکسل.
b، توپ نوع وگلر، سدهٔ پانزدهم، موزهٔ Porte de Hal بروکسل.
c، توپ نوع وگلر، سدهٔ شانزدهم، موزهٔ Rijksmuseum آمستردام.

۱۹

تسلیحات از ۱۵۰۰_۱۷۰۰

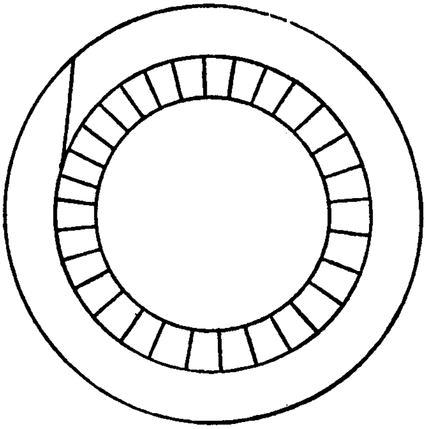
توپهای زمینی

در فصل دیگری از این کتاب، ما دیدیم که در آغاز سدهٔ پانزدهم در کار ساختن توپها تحول بزرگی ایجاد شد: توپهای مفرغی ریخته‌گری شده تا حدی به‌جای توپهای آهنی، که قطعات آن با حلقه‌هایی از فلز آهن به یکدیگر وصل می‌شدند، رواج یافت. در سدهٔ شانزدهم هر دو نوع توپ در کار بودند.

توپهای آهنی و مفرغی: هنوز در موزه‌های مختلفی، توپهای بزرگی از آهن چکشکاری شده، نظیر توپهای گان[1]، ادینبورگ نگاهداری می‌شوند. این توپها یک قسمت عقب دارند که روی لوله پیچ شده بود. از این نوع توپ هنوز، مثلاً در موزهٔ بال، از کمترین کالیبر آن در بروکسل (پورت دوهال)، در پاریس (موزهٔ ارتش) نگاهداری می‌شود.

روش ساخت آنها ساده بود (شکل ۱۹۱): در توپ گان، همچنین در توپ موزهٔ بال، تسمه‌های آهنی را پهلوی یکدیگر سوار کرده‌اند و با حلقه‌های آهنی آنها را به یکدیگر متصل ساخته و تشکیل یک لوله را داده‌اند. این توپها حدود ۱۴۶۰۰ کیلوگرم وزن دارند، تقریباً هموزن توپی که در همان

۱. Gand مرکز ایالت فلاندر شرقی، در بلژیک.



شکل ۱۹۱.مقطع یک توپ بزرگ آهنی.

زمان از مفرغ ساخته شده است. این توپ می‌تواند گلولهٔ سنگی به وزن ۳۴۰ کیلوگرم را پرتاب کند.

دربارهٔ توپهای مفرغی اولیه، اطلاعات بسیار دقیقی دراختیار ماست و حتی نمونه‌هایی از خود آنها و گلوله‌های سنگیِ آنها مانده‌اند.

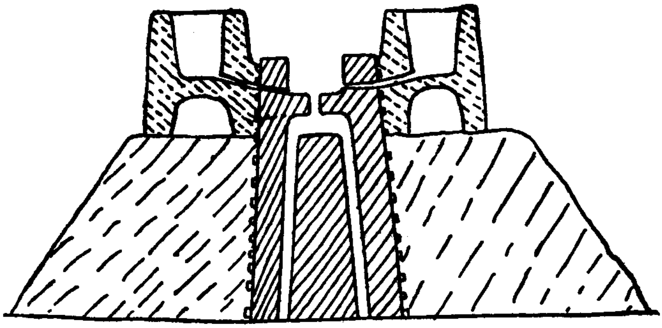
پیدایش آنها داستان هیجان‌انگیزی است. در سال ۱۴۵۳ به‌هنگام محاصرهٔ قسطنطنیه بوسیلهٔ سلطان محمد فاتح، این توپها، خود را بسیار کارا نشان دادند، زیرا آنها در حمله به استحکامات قدیمی که تا آن زمان دربرابر چندین یورش لشکریان مسلمان که تنها به کاتاپولتا و قلعه‌کوب مجهز بودند، مقاومت کرده بودند. گلوله‌هایی که این توپهای عظیم پرتاب می‌کردند، در محل وجود دارند. ابعاد این گلوله‌های سنگی را پژوهشگران کنونی و حتی معاصر (پیرس، در *Histoire du siege de Constantinople*) اندازه گرفته‌اند. محیط این گلوله‌ها را ۹۸ اینچ و وزن آنها را ۱۲۰۰ پوند داده‌اند که هم ردیف کالیبر ۷۵ سانتیمتری است.

ساخت توپهای مفرغی: نوشته‌های معاصر، تکنیک ساخت یکی از این توپهای عظیم مفرغی را برای ما شرح می‌دهد. آقای گ. شلومبرگر[1]، از یادداشتهای آریستوبولوس[2] اهل ایمروز[3]، که در تاریخ خود «تاریخ محمد دوم، از ۱۴۵۰ تا ۱۴۳۶» گزارش دست اولی از این توپها می‌دهد، نقل قولهایی کرده است:

ساخت هر توپ سه ماه وقت می‌گرفت. قالب لوله از گلی که بخوبی لگدکوب شده و با نخ

1. Schlumberger 2. Aristobolus

۳. Imroz یا Imbros جزیره‌ای متعلق به ترکیه، در دریای اژه، نزدیک داردانل.



شکل ۱۹۲.طرز ریخته‌گری توپ محمد فاتح.

چتایی و کتان بسته می‌شد، تهیه می‌گردید. نخست استوانه‌ای که ماهیچه را تشکیل می‌داد، در قالب می‌گذاشتند. فضای بین استوانه و قالب، ضخامت جدار لولهٔ توپ بود. همهٔ شواهد دلالت دارند بر اینکه قالب را عمود روی زمین می‌نهادند. قالب را با حلقه‌های آهنی و چوب می‌بستند تا در زیر فشار فلز مذاب، درهم نشکند. اطراف آن را با مقداری سنگ و خاک تقویت می‌کردند. حوضچهٔ آشغال‌گیری در بالای قالب، به ارتفاع ۷۵ سانتیمتر قطعه را تغذیه و سرباره را جمع می‌کرد، دو کوره در دو سوی این قالب ساخته بودند و سه روز و سه شب تمام در آنها دمیده می‌شد، تا فلز ذوب شود، فلز مذاب از طریق تنبوشهٔ گلی در قالب ریخته می‌شد. این مواد را با زغال‌چوب مخلوط می‌کردند تا خلوص آلیاژ مفرغ حفظ شود.

بنابراین ما با ذوب تقریباً تکامل یافتهٔ مفرغ سروکار داریم. تجزیه و اکسیداسیون قلع در هوای آزاد شناخته شده بود؛ بدین‌جهت فلز گداخته را با گرد زغال می‌پوشانیدند تا نسبتهای اجزای آلیاژ دگرگون نشود، و از تغذیه برای سالم نگاهداشتن قسمت بالای لولهٔ توپ استفاده می‌شد، زیرا مکها و نشست لوله به قسمت تغذیه انتقال می‌یافت.

در پرتو این اطلاعات می‌توان، تقریباً با اطمینان وضعیت کوره‌ها و قالب را دانست (شکل ۱۹۲). قالب روی زمین عمودی قرار می‌گرفت، اطراف آن را با سنگ و خاک محکم می‌کردند و بر روی آن حوضچه‌ای به‌عنوان تغذیه قرار می‌گرفت. چون بوتهٔ ذوب مفرغ می‌بایست در ارتفاعی بالاتر از لوله قرار گیرد، احتمالاً بوته و کوره در بالای سنگ و خاک اطراف قالب قرار داشت. تنبوشه‌های گلی طبعاً فلز را بر اثر وزن آن به قالب، راهنمون می‌شدند. هرگز نمی‌توان پذیرفت که فلز مذاب از طریق بارریزی چشمه‌ای (از زیر) از قاعدهٔ کوره وارد قالب شده باشد. بنابراین می‌بایست فلز مذاب از ارتفاع زیادی (حدود چهار متر) وارد قالب شود، امری که موجب فشار زیادی در قالب می‌شود و

بستن قالب با تسمه‌های فلزی را، همان‌طورکه آریستوبولوس اشاره کرده است، الزام‌آور می‌ساخت.

در مورد اطلاعات ریخته‌گران سدهٔ پانزدهم دربارهٔ قالبها و ذوب کردن فلزات، تنها کافی است به‌خاطر آوریم که نخستین پیکرهٔ بزرگ اسب سوار، که از دوران باستان برجای مانده است، پیکرهٔ سردار مزدور گاتاملاتا[1] است که دوناتلو آن را در سال ۱۴۳۵ ساخته، یعنی درست در زمانی‌که اوربان[2] مجارستانی توپ سلطان محمد فاتح را ساخته است.

پس از این‌که فلز مذاب سرد شد، تنها کافی است که خاک و سنگ اطراف قالب را کناری زد و لولهٔ توپ را بیرون آورد. سپس آن را تراشید و صاف کرد. وزن چنین توپی می‌بایست حدود ۱۵ تن باشد و شواهد قابل قبولی نیز در این‌باره در دست است.

این توپ که فاقد حامل توپ و قنداق بود از آندرینوپل[3] (ادرنه) به‌محل لشکریان سلطان محمد برده شد، کاری که به‌عقیدهٔ همهٔ تاریخ‌نویسان فوق‌العاده بود: سی‌جفت گاو، توپ را می‌کشیدند و ۴۵۰ نفر درودگر، راهساز و . . . آن را همراهی می‌کردند، زیرا نه راهی، به‌معنای دقیق کلمه وجود داشت و نه ارابه‌ای که توان حمل چنین باری را داشته باشد.

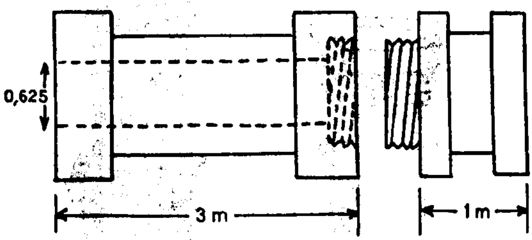
کاربرد توپهای سنگین: در مورد استقرار توپها برای تیراندازی، گفته شده است که آن را روی زمین قرار می‌دادند و اطراف آن را سنگ می‌چیدند. هدف‌گیری آن را با هر تیراندازی تصحیح می‌کردند و سنگهای دور آن را از نو می‌چیدند. بنابراین هدف‌گیری و خرجگذاری، وقت زیادی می‌گرفت و تاریخ‌نویسان گزارش داده‌اند که توپها در روز هفت بار و در شب یک بار آتش می‌کردند.

گرچه این توپ خاطرات زیادی در تاریخ برجای گذاشته است، لیکن تنها چند گلوله از آن مانده است که ما را به ابعاد دقیق آن رهنمون می‌شود. شواهد نشان می‌دهند که در میان توپهایی که در موزه‌ها نگاهداری می‌شوند، توپهای دیگری از آن زمان وجود دارند. مثلاً می‌توان از یک توپ مفرغی نام برد که بر روی چمن قلعهٔ لندن مستقر است. این توپ زیبا را در سال ۱۸۶۷ سلطان عبدالعزیز به ملکهٔ ویکتوریا اهدا کرد. این توپ قسمتی از آتشباری مرکب از ۴۲ توپ یکسان است که از مدخل داردانل دفاع می‌کردند. این توپ، لوله‌ای به طول ۳ متر دارد، و کالیبر آن ۶۲٫۵ سانتیمتر و گلوله‌های سنگی ۳۰۵ کیلوگرمی پرتاب می‌کرد. قسمت عقبی این توپ یک متر طول دارد که روی بدنهٔ توپ، به‌شکلی شبیه توپ ادینبورگ پیچ شده است. وزن کل این توپ ۱۸ تن می‌باشد. این توپ ریخته‌گری شده، مقداری تزیین گردیده و تاریخ ۸۵۵ (هجری) برابر ۱۴۶۳ میلادی بر آن حک شده است (شکل ۱۹۳).

---

1. Gattamelata 2. Orban

۳. Andrinople شهری در ترکیه اروپایی، در تراکیه.



شکل ۱۹۳.توپ مفرغی ترکها.

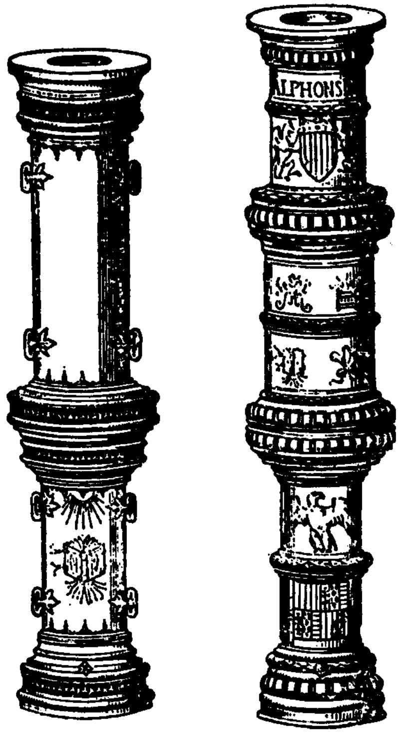
بدین‌ترتیب می‌توان بر پایهٔ شواهد بالا نتیجه گرفت که ده سال پس از تسخیر قسطنطنیه، که با استفاده از توپ مفرغی ریخته‌گری شده ۱۵ تنی انجام گرفت، تکنیک ساختن این توپهای بزرگ ادامه و حتی تکامل یافته است. این توپها که گاهگاهی هم مورداستفاده قرار می‌گیرند، تا زمان ما مانده‌اند و آخرین باری که آتش کردند بر روی ناوگانی بود که قصد تصرف داردانل را داشت. این حادثه مربوط به سال ۱۸۰۷ و بر روی کشتیهای بریتانیایی بود.

تزییناتی که ریخته‌گران سدهٔ پانزدهم بر روی توپها اعمال می‌کردند، از جملهٔ کارهای هنری است که خصلت هنرمندانهٔ خود را تا سدهٔ هجدهم در ریخته‌گری توپهای مفرغی حفظ کرد. خود ریخته‌گران غالباً هنرمند بودند. در قسمتی از نامهٔ لئوناردو (اگر واقعاً از لئوناردو باشد) به لودوویکوموروکه از استعدادهای همه‌جانبهٔ خود سخن می‌گوید، مدعی است که او هم می‌تواند توپ بریزد و هم پیکره. وانگهی در طرحهای لئوناردو، توپهای تزیین‌شده دیده می‌شوند (شکل ۱۹۴، مجموعهٔ ویلاردی در موزهٔ لوور)، این توپها ظاهراً در سالهای ۱۴۸۰ تا ۱۴۹۰ ساخته شده‌اند.

اصلاحات: این توپهای عظیم، که جابه‌جا کردن آنها بسیار دشوار بود، همان‌طورکه در شکل دیده می‌شود، غالباً فاقد قنداق هستند، بدین‌جهت نمی‌توانند در قسمتهای مختلف خدمت کنند. برای حل این مشکل، طرح توپهای سبکتر، که جابه‌جا کردن آنها آسانتر است به پیش کشیده شد. گلوله‌های سنگی کاربرد آسانی ندارند و حمل آنها هم دشوار است. برای رفع این مشکلات از اصلاحات برادران بورو[1]: ژان (مرگ ۱۴۶۳)، گاسپار (مرگ ۱۴۶۹) گفت‌وگو شده است که اصلاحاتی در توپهای شارل هفتم[2] به‌عمل آوردند. روشن است که این اصلاحات شامل تعویض گلوله‌های سنگی

1. Jean,Gaspard Bureau

۲. Charles VII یا شارل پیروز، ۱۴۰۳_۱۴۶۱ پادشاه فرانسه.



شکل ۱۹۴.طرحهای توپ از لئوناردو داوینچی.

با فلزی (فولادی یا چدنی) و به‌کار بردن قنداق بود تا از این طریق، جابه‌جا کردن توپها آسانتر انجام گیرد.

کمی پیش از ۱۴۸۰ تغییراتی در توپها داده شد و آنها را به‌شکل کنونی درآورد. در مرحلهٔ نخست، باروت توپ را دانه‌دانه کردند. درحقیقت باروت نامنظم، آن‌طوری‌که درگذشته به‌کار می‌رفت، مخلوطی از قطعات ناجور وگرد بود که در یک توپ، نتایج گوناگونی داشت، یک انفجار بسیار سریع و شدید و انفجار دیگر زمانگیر بود. از سال ۱۴۸۰ به‌بعد، که دانه‌های باروت منظمتر و درجه‌بندی شدند، باروتهای یکسان نتایج یکنواختی داشتند.

از لحاظ هدف‌گیری و قنداق توپها، ایجاد حامل توپ، سبب شد که قنداقی ساخته شود که توپ روی آن نوسان داشته باشد. درگذشته توپ بدون حامل را می‌بایست به‌کمک کلافی جابه‌جا کرد که در بالای آن یک پیکان مفصل شده، هدف‌گیری را ممکن می‌ساخت. خمی که به پیکان متصل بود زاویهٔ هدف‌گیری لوله را ثابت نگاه می‌داشت. اینها اصلاحات عمده‌ای بودند که روی

توپهای قدیمی، که هدف‌گیری آنها نامطمئن بود، انجام گرفت. توپ بووین[1] که اکنون در موزهٔ بروکسل نگاهداری می‌شود، هیچ‌یک از مکانیسمهای هدف‌گیری را ندارد و می‌بایست آن را متعلق به اوایل سدهٔ پانزدهم دانست. این توپ بسیار ابتدایی است، حامل توپ آن چرخهای توپری دارد و کلاف آن، گرچه در گذشته دارای نوعی مکانیسم هدف‌گیری بوده است، بسیار خام می‌باشد.

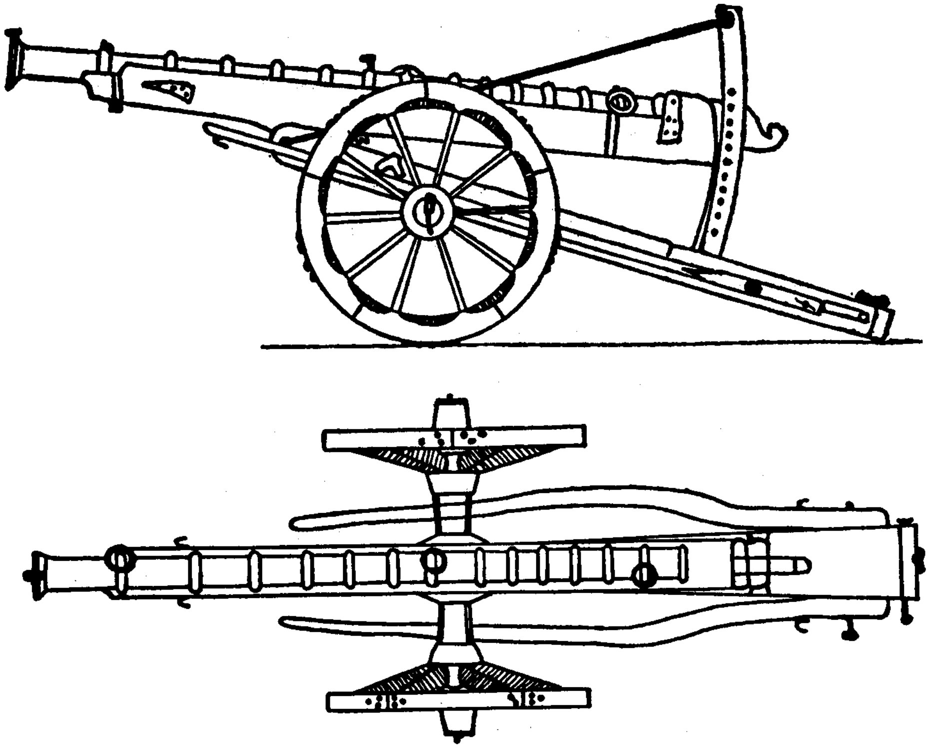
چنین می‌نماید که اصلاحات بسرعت انجام گرفته‌اند. توپهای شارل لوتمرر (شارل دلیر) که در موزهٔ لانووویل (کانتون برن سویس) نگاهداری می‌شوند و متعلق به سال ۱۴۷۶ می‌باشند، گواه این ادعا هستند. پس از شکست شارل در مورا، ۲۲ ژوئن سال ۱۴۷۶، مدافعان لانووویل که بزحمت ۹۰ نفر بودند و در قسمت ارتش فدرال خدمت می‌کردند، به‌عنوان سهم غنیمت خود هفت توپ و سه بمبارد (توپهای بسیار ابتدایی) دریافت داشتند. این توپها که با دقت در لانووویل نگاهداشته می‌شوند، به ما نشان می‌دهند که توپهای بورگینیونها در نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم چگونه بوده است (شکل ۱۹۵)، این توپها از آهن چکشکاری شده ساخته شده بودند که نسبتاً سبک و بر روی قنداق خود که چرخهای پره‌دار داشت، سوار بودند. در توپخانهٔ ارتش بورگونی نیز چند عراده توپ مفرغی وجود داشت.

استفاده از حامل توپ، بی‌درنگ به ساختن قنداق منجر شد که شامل دو کفه است که توپ میان آن دو نوسان دارد. آنها می‌توانستند با تیرهای عرضی، کفه‌ها را به‌هم وصل کنند و کولاس ثابت بماند و به‌کمک گوه‌هایی، بعدها با پیچ در زاویه هدف‌گیری ثابت بماند.

برقوزدن، که کمی بعد رسم شد، سبب شد که لولهٔ کاملاً استوانه‌ای باشند. آتشبار شارل هشتم از همهٔ این اصلاحات بهره گرفته بود و در جنگ ایتالیا برتری خود را نشان داد. در همین اوان، گالیو (استاد بزرگ توپخانه، در زمان لویی یازدهم و شارل هشتم)، روش مایل بودن پره‌های چرخها بطرف بیرون را پیشنهاد نمود که استواری ارابه‌ها را بیشتر تضمین می‌کرد، همین امر تحسین ماکیاول را از ارابه‌های توپخانهٔ فرانسه موجب شد. در راونا (۱۵۱۲)، استاد بزرگ: پل دو بنسراد[2] کشته شد و یکی از خواهرزادگان گالیو با نام گالیو دوژنویاک (۱۴۶۵ـ۱۵۴۶) جانشین او شد. او اهمیت توپخانه را افزایش داد. در ملنینانو (مارینیانو) در سال ۱۵۱۵ یک خط دفاعی با ۷۲ توپ بزرگ وجود داشت که هر توپ را ۳۵ اسب می‌کشیدند. در «پاویا» سی عراده توپ فرانسوای اول، چنانچه رهبری غلط شاه آنها را بی‌تأثیر و فلج نمی‌ساخت، موجب پیروزی قطعی او می‌شدند.

تثبیت کالیبرها: بین سالهای ۱۵۲۱ تا ۱۵۳۰ شارل پنجم (کارل اول اسپانیا)، کالیبرها را تثبیت کرد و در ساخت آنها نظارت داشت. شارل برای نخستین بار نوع هر توپ را بر پایهٔ وزن توپ و

1. Bouvignes 2. Paul de Benserade



شکل ۱۹۵.توپهای شارل تمرر (دلیر) در موزهٔ لانووویل.

نیز وزن گلوله معین کرد، به‌جای گوناگونی فراوان کالیبرها در آن زمان، او توپها را به کالیبرهای زیر محدود ساخت:

پوند ۴۰

پوند ۲۴

پوند ۱۲

پوند ۶٫۵

پوند ۳

در زمان فرانسوی اول در فرانسه هم کالیبرها به شش گروه تقسیم شدند. ژان‌دتره[1]، استاد بزرگ توپخانه سالهای ۱۵۵۰ـ۱۵۶۹ کالیبرها را به‌طور قطعی چنین معین کرد:

اینها را شش کالیبر فرانسوی می‌نامند. تعداد اسبها برای کشش این توپها چنین بود:

1. Jean d'Estrée

توپ	۲۱ اسب
زنبورک	۱۷ اسب
زنبورک زمخت	۱۱ اسب
زنبورک متوسط	۷ اسب
شهباز و باز	۴ اسب

طرز حمل‌ونقل توپها به‌شکل برانکارد انجام می‌گرفت. اسبها در یک خط پشت‌سر هم قرار می‌گرفتند. هرکدام از توپها بر روی ارابهٔ خاص آن گذارده می‌شد. همهٔ ارابه‌های توپ‌کش از نوع دو چرخ بودند. قطعات اصلی قنداق عبارت بودند از دو کفه و چهار تخته رابط جلو، کولاس توپ، اهرمها و کولاس قنداق. چرخها دوازده پره داشتند و طوقه (منتش) از شش تکه تشکیل شده بود؛ بستهای آهنی، قطعات چرخ را به یکدیگر متصل می‌کردند. قنداقها دارای قسمت جلو نبودند و توپ بزرگ ۳۳ بر روی ارابهٔ توپ‌کش قرار داشت.

در سالهای آشوبهای بزرگ مربوط به جنگهای مذهبی، هرکس برحسب خود کارگاه توپ‌ریزی داشت و توجهی به استانداردهای توپ نمی‌کرد. شارل نهم در سال ۱۵۷۲ برای برقراری مجدد شش کالیبر فرانسوی کوششی کرد که بی‌نتیجه ماند و تنها در زمان هانری چهارم بود که کالیبرهای استاندارد از نو مراعات می‌شد.

در همین اوان حلقه‌های آهنی، که در آلمان از دو سده پیش به‌کار گرفته می‌شدند، در فرانسه رواج یافت. در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم، گلوله‌های ساروجی مورداستفاده قرار گرفت. این گلوله‌ها نخستین بار در محاصرهٔ لاموت[1] واقع در لورن در سال ۱۵۳۴ به‌کار گرفته شدند. باز در این ایام کوشش شد که برای مفرغ آلیاژ معین و استانداردی درنظر گرفته شود، این آلیاژ ۹۱٪ مس و ۹٪

	وزن توپ	کالیبر	وزن گلوله‌ها
توپ	پوند ۵۴۰۰	۶اینچ و ۳ خط	پوند ۳۳
زنبورک بزرگ	پوند ۳۸۰۰	۴ اینچ و ۴ خط	پوند ۱۶
زنبورک زمخت	پوند ۱۹۷۰	۳ اینچ و ۱۰ خط	پوند ۸
زنبورک متوسط	پوند ۸۷۰	۲اینچ و ۹ خط	پوند ۳
شهباز	پوند ۷۵۰	۲ اینچ و ۴ خط	پوند ۲
باز	پوند ۴۵۰	۱ اینچ و ۱۰ خط	پوند ۱

1. Lamotte

قلع پذیرفته شد.

توپخانهٔ هانری چهارم و لویی سیزدهم بدون تغییر ماند و در عهد لویی چهاردهم بود که سریهای جدیدی از توپهای جنگی (۱۶۹۸) با نامهای کمی متفاوت رواج یافتند:

توپ فرانسه	گلوله ۳۳ پوند
نیم‌توپ اسپانیا	۲۴
نیم‌توپ فرانسه (زنبورک)	۱۶
ربع توپ اسپانیا	۱۲
ربع توپ فرانسه	۸
شهباز و باز	۱ – ۲

توپهای کوتاه با کالیبرهای ۸ و ۱۲ در این زمان در فهرست توپها وارد شدند.

توپخانه ناوهای جنگی

تکنیک ساخت توپهای ناوهای جنگی نیز مانند توپهای زمینی تحول پذیرفته است، اما استقرار و کاربرد توپها در کشتیها با زمین تفاوت دارد.

درحالی‌که در مورد پیدایش توپهای زمینی تاریخهای پراکنده‌ای در دست است، اما برای کاربرد توپها در کشتیها بیش از یک تاریخ وجود ندارد و آن سال ۱۳۴۶ و در کرسی[۱] است. بر روی کشتیها، حتی چند سال پیش از این واقعه، در نبرد آرنمویدن[۲] در سال ۱۳۳۸ و نیز در اکلوز (سلویس)[۳] (۱۳۴۰)، از توپخانه در روی کشتی استفاده شده است.

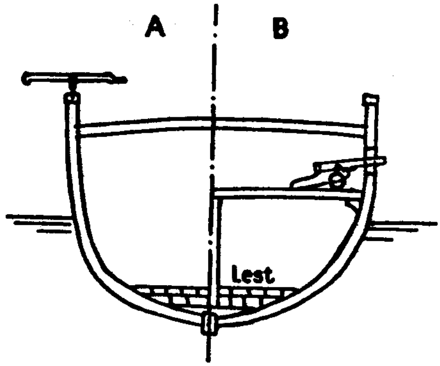
در سدهٔ پانزدهم ما شاهد آغاز اصلاحات بر روی توپهای زمینی و تکامل سلاحهای سبک هستیم، تحولاتی که توپخانهٔ کشتیها نیز از آنها سود می‌برد. اما تحول در توپخانهٔ کشتیها موجبات دیگری داشته است که مربوط به کاربرد آن بر روی عرشه کشتی بوده است.

توپهای فولادی با کالیبر کوچک: نخستین توپهای فولادی بر روی گهواره‌ای چوبی گذاشته می‌شدند. کشتیهایی که قادر به حمل آن بودند، بخصوص کشتیهای بادبانی بودند که همهٔ سطحهٔ آنها در طول عرشه‌ها و اتاقکها آزاد هستند. جنگجویان کشتیها در روی همین قسمتها موضع می‌گرفتند. این

۱. Crecy ناحیه‌ای در جنوب غربی فرانسه.

2. Arnemuiden

۳. Sluis یا L'Ecluse شهری در ایالت زیلند، جنوب غربی هلند.



شکل ۱۹۶.نصب توپ بر روی ناوها.

توپها می‌توانستند مؤثرتر و با بردی بیشتر از فلاخن کمانی عمل کنند.

برای استفاده از این توپها، از کالیبر کوچک شروع کرده‌اند، توپها را با دو شاخهٔ لولاداری مجهز ساختند (شکل ۱۹۶ A)، این دو شاخه در قابی نگاهداری می‌شد که در موزه‌های متعددی می‌توان آنها را دید. این توپهای با کالیبر کوچک در آن زمان ویژهٔ حمله به نفراتی بود که روی پل یا اطاقهای کشتی دشمن بودند، نه برای ضربه زدن به بدنهٔ کشتی که دربرابر این گلوله‌ها مقاوم بود. بدین‌ترتیب در بالای کشتی تعداد زیادی (حدود ۱۰۰ و حتی ۲۰۰) توپ جا می‌گرفتند، اما انبوهی آنها خطری احتمالی برای ملوانان و افرازش کشتی بود.

کاربرد توپها با کالیبر بزرگتر که می‌توانستند به بدنه کشتی، ضربات سنگینی وارد سازند و حتی خود کشتی را غرق کنند، دشوارتر و مستلزم قرار دادن توپها بر روی عرشه یا در اطاق کشتی بود، کاری که مشکل حفظ تعادل کشتی را دشوارتر می‌ساخت. یک کشتی بادبانی، از نوعی که بعدها برای حمل کالا مورداستفاده قرارگرفت، تنها زمانی تعادل دارد که کالا به‌شکل یکنواخت انبار آن را پر کرده باشد؛ اگر کالا (در اینجا توپخانه) در بالای کشتی باشد تعادل آن در معرض خطر است. بنابراین لازم بود با قراردادن وزنه‌های بزرگ درکف انبار، وزن توپ را جبران کرد. بدین‌جهت بود که در پایان سدهٔ پانزدهم، ناوهای جنگی بادبانی، که درگذشته تجارتی بودند، به‌کارگرفته شدند. این ناوها می‌توانستند وزن زیادی را حمل کنند و وزن توپهای آنها با وزنهای بزرگ کف انبار، جبران شده و تعادلش پایدار بود.

درگذر سدهٔ بعد، کشتیهای گالی، با وجود دشواری زیاد، برای تجهیز با توپخانه آماده شدند. در طرف آنها که پارو و پاروزنها در آن قرار داشتند، تنها چند توپ بسیار سبک را تحمل می‌کردند، اما

در قسمت عقب آنها، سکوهایی برای استقرار توپها و مقداری وسایل مورد لزوم افسران کشتی دیده می‌شد. تنها در دماغهای باریک چند عراده توپ مستقر می‌کردند، و این توپها در جهت محور آتش می‌کردند. بتدریج که استقرار توپها بر روی کشتیهای بادبانی رواج بیشتری می‌یافت، اهمیت کشتیهای گالی هم زیادتر می‌شد.

مزغل: برای حفظ تعادل کافی، همیشه می‌بایست توپها را تا حد امکان، در سطوح پایینتر کشتی جا داد و قسمتهای بالا و اطاقکهای جلو و عقب عرشه را که ضمناً استحکام کافی حمل توپ و ضربات تیراندازی آن را ندارند، از تحمل وزن توپ معاف کرد (شکل ۱۹۶ A).

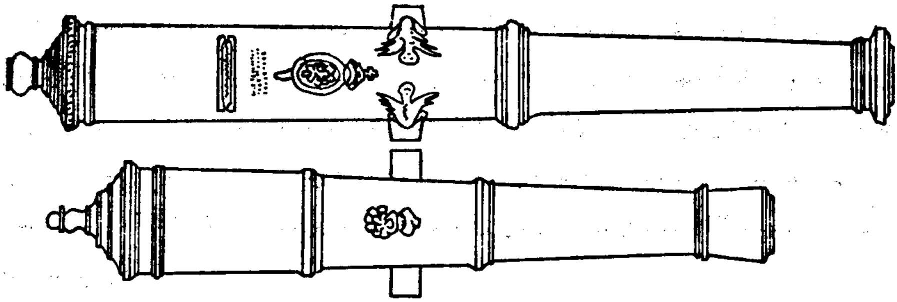
می‌گویند که در سال ۱۵۰۰ شخصی به نام دشارژ از اهالی برست، اندیشهٔ استقرار توپها روی پل پایینی و ایجاد شکافی برای تیراندازی آنها را پیش کشیده است. توپها را روی عرشه پایین کشتی و یا در اطاقک عرشه، که کاملاً پایین بود، جا می‌دادند، بدین‌ترتیب توپها در حمایت دیوارها و جان‌پناهها، از آتش توپهای سبک دشمن در امان بودند (شکل ۱۹۶ B).

در دوران حدود ۱۵۰۰، در مورد کاربرد توپها روی کشتیها، نظرات اصلاحی زیادی ابراز شد. این همان دورانی است که توپهای مفرغی را مجهز به حامل توپ کردند، قطعه‌ای که کمی پیش از آن زمان، در سال ۱۴۸۰ برای کاربرد توپها در کشتیها اختراع شده بود. اما مثل همهٔ موارد دیگر، این اختراع جدید هم‌زمان با توپهای بدون حامل به‌کار گرفته می‌شد: توپهای فولادی چکشکاری شده همراه توپهای مفرغی فعال بودند.

نمونه‌هایی از هر دو نوع توپ بر روی یک ناو: ماری‌روز، که در سال ۱۵۴۵ در پورتسموث به غنیمت گرفته شد و توپهای آن حفظ شده است، دیده شده است. در این ناو هم توپهای آهنی چکشکاری شده که نمونه‌هایی از آن نگاهداری شده است (در قلعهٔ لندن و موزهٔ سرویسهای دریایی، وایت‌هال)، و هم توپهای مفرغی (شکل ۱۹۷) هر یک به وزن ۳۰۰۰ پوند انگلیسی وجود داشتند.

مفرغ و چدن: در ناوهایی که پیش از سال ۱۵۰۰ (در این سال آنها را نوسازی کرده‌اند) ساخته شده بودند، بخشی از توپهای فولادی آنها را به توپهای مفرغی تبدیل کردند. ناو هری گراس آ ـ دیو، که در سال ۱۵۱۴ ساخته‌شده و دارای ۱۸۶ توپ فولادی بود، تجدید سازمان یافت و مجهز به ۱۲۲ توپ فولادی (که خرج آنها از راه کولاس گذاشته می‌شد) و ۱۱ توپ مفرغی شد. بنابراین ۱۱ توپ مفرغی جای ۶۴ توپ فولادی را که سبکتر بودند، گرفت.

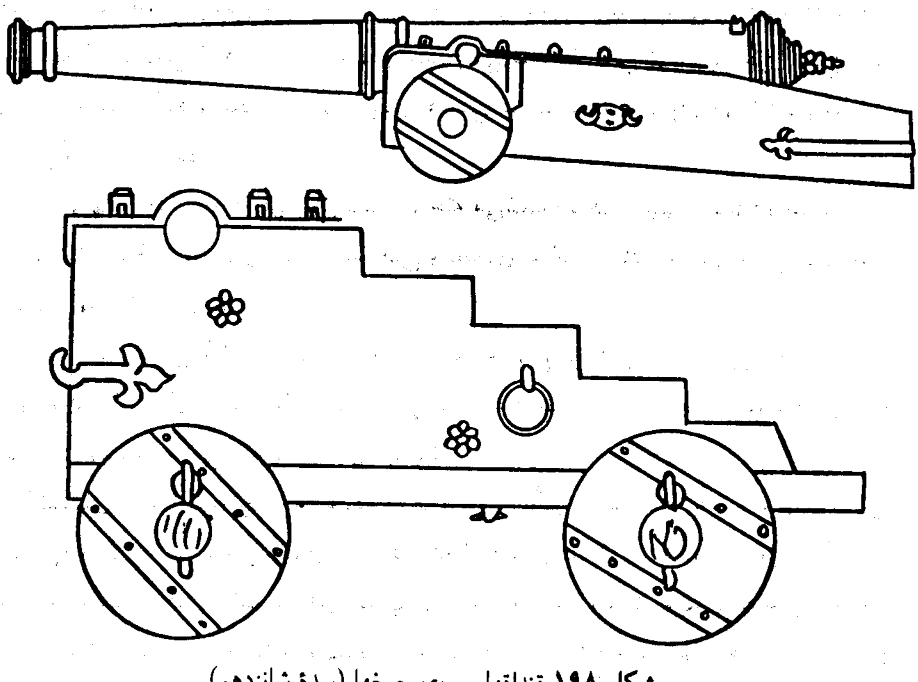
قنداقها (شکل ۱۹۸) بهتر شدند و به شکلی ساخته شدند که تا سدهٔ نوزدهم عملاً بدون تغییر



شکل ۱۹۷.توپهای مفرغی واقع در ماری‌روز.

ماندند. توپ بین دو کندهٔ چوب که بر روی چرخها نصب شده بودند، بالا و پایین برده می‌شد.

همهٔ قطعات مفرغی را تزیین و قلمزنی می‌کردند و یک کار واقعاً هنری ساخته می‌شد. عیب این توپها، بهای بسیار گزاف آنها بود، هم به‌علت اینکه مصالح آنها از فرانسه می‌آمد و هم بدین سبب که قالب‌گیری و ریخته‌گری آنها به‌دست هنرمندان و ریخته‌گران کارآزموده انجام می‌گرفت.



شکل ۱۹۸.قنداقها بر روی چرخها (سدهٔ شانزدهم).

در فرانسه کوششهای ریشلیو برای تشکیل یک ناوگان، منجر به ایجاد یک کارگاه ریخته‌گری در زرادخانه شد، اما ناگزیر بودند، مصالح (مس و قلع) آن را از خارج تهیه کنند. تنها در زمان کلبر بود که کار توپ‌سازی سازمان سنجیده‌ای یافت، در این زمان بیشتر از چدن استفاده می‌شد تا مفرغ. چنین می‌نماید که پیش از این دوره هم از چدن برای ساختن توپ کشتیها استفاده می‌شد. در نبرد لپانتو، ۱۵۷۱، گالیهای ونیزی مجهز به توپهای چدنی بزرگ با کالیبر ۳۶ مستقر در جهت محور کشتی بودند.

کلبر کارگاه ریخته‌گری سن ژروه سور ایزر[1] را توسعه داد و ریخته‌گری چدن را فعالانه به پیش راند (۱۶۷۸). در مدت کمی بیشترین بخشهای توپهای کشتی از چدن ساخته شد. حدود سال ۱۶۸۵ ذخیرهٔ زرادخانه‌ها به ۱۰۵۲ توپ مفرغی و ۴۱۸۳ توپ چدنی رسید.

اسناد این دوران را باید با آشنایی با اصطلاحات آن زمان بررسی کرد و از اشتباهاتی که گاهی بعضی تاریخ‌نویسان مرتکب می‌شوند، پرهیز کرد. توپهای قدیمی که با پهلوی هم گذاردن تسمه‌های آهنی چکشکاری شده ساخته می‌شدند، در این زمان بکلی از میان رفته‌اند و بنابراین نام خاص توپهای آهنی ناظر به آنها نیست و توپهای مفرغی را با نام «چدن سبز» می‌نامیدند. و گاهی هم فقط آنها را چدنی می‌گفتند. توپهای چدنی را معمولاً توپهای آهنی می‌گفتند که ممکن است آنها را با توپهایی که در آن زمان توپهای چدنی می‌گفتند (توپهایی که با ریخته‌گری مفرغ تولید می‌شدند)، اشتباه کرد و منظور از آنها توپهای قدیمی ساخته شده از پهلوی هم گذاردن قطعات آهنی چکشکاری شده نبود.

این توپهای چدنی که در آن زمان بسیار ساخته می‌شدند، دیگر تزیینهای توپهای مفرغی را با خود نداشتند، بلکه تنها دارای چند حلقهٔ آهنی و تعدادی علامات ساده بودند و ارزانی بهای تمام شده در آنها رعایت می‌شد.

فرمان ۱۵ آوریل ۱۶۸۹ ناظر بر چگونگی توزیع انواع توپها بر روی کشتی بود. طبق این فرمان: «همهٔ کشتیهای ردیف اول با توپهای چدنی‌شده (منظور مفرغی) مجهز شوند و هیچ‌گونه توپ آهنی (منظور چدنی) نباید در میان آنها باشد».

کشتیهای ردیف دوم، چنانچه رهبری آن با فرماندهٔ ناوگان باشد، فقط باید با توپهای چدنی (مفرغی) مجهز باشند؛ و اگر رهبری آن را فرماندهٔ اسکادران داشته باشد، دوسوم توپهای آن باید چدنی و یک‌سوم آهنی باشند.» برای کشتیهای ردیفهای دیگر، نسبت توپهای مفرغی تا ردیف پنجم داده شده است و سه‌چهارم توپهای آنها چدنی هستند. سرانجام کشتیهای فرقت (فرگات) و

1. Saint-Gervais-sur-Isere

بقیهٔ کشتیها، صرفاً توپهای چدنی خواهند داشت.

در همین فرمان (کتاب شانزدهم، عنوان اول) پیش‌بینی شده است که ریخته‌گران چدن (منظور مفرغ) در روشفور و تولون، کالیبرهای ۳۶، ۲۴، ۱۸، ۱۲، ۸، ۶ و ۴ را از ذوب کردن توپهای قدیمی، ناقوسها، مس سوئد و غیره بسازند و یکدهم قراضهٔ مس زرد و یک‌بیستم قلع خالص به آن بیفزایند.

برای ساختن توپهای چدنی (عنوان دوم) تزیین لازم نیست و کالیبرهای آن عبارتند از پنج کالیبر: ۱۸، ۱۲، ۸، ۶ و ۴. آیین‌نامه‌ای نسبتها، وزن، طول و قطر توپها را معین می‌ساخت. سازندگان توپ که از وسیله و طرز آنالیز شیمیایی مصالحی که به‌کار می‌بردند اطلاع نداشتند، باید می‌دانستند که ذوب فلز آنها ایجاد ناهمگونیهایی می‌کرد. پدیدهٔ گداز تفریقی (گداز جزء‌به‌جزء) مورد قبول بود، اما به‌علت فقدان دانش شیمی فلزات روشن نبود. این پدیده در قطعات ریخته شده، ایجاد ناهمگونیهایی در ترکیب آلیاژ می‌کرد و در نتیجه استحکام آن قطعات کاهش می‌یافت.

تنها آزمایشهای استحکام توپها، آزمایش درون لوله و آتش کردن توپ (عنوان سوم) بود، که با استفاده از خرجی از باروت برابر ۲/۳ وزن گلوله انجام می‌گرفت. توپهای چدنی را با چشم و سپس با آتش کردن، با خرجی که متناسب با کالیبر آنها بود، آزمایش می‌کردند:

کالیبر ۱۸	۲/۳ وزن گلوله
کالیبر ۱۲	۳/۴ وزن گلوله
کالیبرهای ۸، ۶، ۴	۶/۵ پوند، یعنی برابر وزن یک گلوله

ریخته‌گران: بدین‌ترتیب طرز ساخت توپهای مفرغی از آغاز سدهٔ شانزدهم به مرز قابل توجهی از تکامل دست یافت، تکاملی که جنبهٔ هنری آن‌هم گواهی بر استادی دست‌اندرکاران آن بود. این اشخاص در تاریخ ریخته‌گری و از طریق امضاهای خود سرشناس شده‌اند؛ امضاهای این ریخته‌گران از طریق ضبط بر روی قالبها، بر روی لوله‌های توپ نقش می‌بست.

آشکار است که این توپها مورد تقاضای همهٔ کشورها برای تسلیح کشتیها و بنادر بودند. توپهایی که برخی کارگاهها تهیه می‌کردند، تقریباً در همه‌جا به‌چشم می‌خورد. هلند که با اسپانیا می‌جنگید، دشمنان اسپانیا را با توپهایی که هنوز هم در آتشبارهای قدیمی کشورهای مسلمان آفریقایی وجود دارند، مسلح می‌ساخت. تعدادی از این توپها را می‌توان در سفاقس (بندری در مشرق تونس، در ساحل شمالی خلیج قابس) مشاهده کرد؛ توپ مشهور Consulaire که طول آن ۵ متر و در ونیز ساخته شده بود (۱۵۴۲)، از الجزیره به برست برده شد و در محوطهٔ زرادخانه نصب گردید. در رباط و بندر سفی (در مراکش و ساحل اقیانوس اطلس)، این توپها از پناهگاههای دزدان دریایی

دربرابر حملات ناوهایی که قصد ویران کردن آنها را داشتند، دفاع می‌کردند. توپهای بندر سفی مزین به کنده‌کاری نام ریخته‌گر آن است:

آرنت وان در پوت: از روتردام ۱۶۱۹

ویلم ویگن وارت، از لاهه در ۱۶۲۵

و نیز کلمه الله به عربی بر آن نقش شده است تا امیر مسلمانان را پشت و پناه باشد.

محل ساخت این توپها، که اکنون از نظر سیاسی اهمیت دارد، نشان می‌دهد که در آن محلها یک صنعت واقعی ریخته‌گری جالب وجود داشته است و ساخته‌های آنها، همچون مصنوع پرارزشی صادر می‌شدند.

تحقیقاتی که در زیر آب انجام گرفته، کارهای جالبی از دوران لویی چهاردهم به‌دست داده است. توپی (شکل ۱۹۹) که از خرده‌ریزهای مدفون کروازیک[1] به‌دست آمده است و در مجله *Neptunia* (شمارهٔ ۴۲) بخوبی توصیف شده است، احتمالاً به سال ۱۶۷۰ تعلق دارد و ساختهٔ استاد ژان بوب[2] ساکن ناربون بوده است. این شخص به تولون دعوت شد تا ۱۲ توپ کالیبر ۲۴، برای روایال لویی[3] و روایال دوفن[4] بریزد. نام این ریخته‌گر بر روی توپهای آنجا هم دیده می‌شود، و این یکی از آن توپهاست که نام ریخته‌گر آن، همراه با عنوان ریخته‌گر کل توپخانهٔ دریایی فرانسه در تولون بر آن دیده می‌شود. مدالیون روی توپ، نیمرخ لویی چهاردهم است، و نام کنت ورماندوا[5] با مقدار زیادی تزیین بر روی آن به‌چشم می‌خورد؛ کولاس آن کله‌باز را نشان می‌دهد. وزن این توپ ۴۷۰۴ پوند (شکل ۱۹۹) می‌باشد. این توپ که منطقاً جزء یک کشتی است که در سال ۱۷۵۹ غرق شده است، متعلق به سولی روایال[6] ۸۰ تنی است که آتشبار تمام مفرغی آن شامل ۳۰ توپ با کالیبر ۳۶ و نیز ۳۲ توپ با کالیبر ۲۴ و ۱۸ توپ کالیبر ۸ بوده است. شش توپ با کالیبر ۳۶ آن در سال ۱۷۶۲ یافت شد.

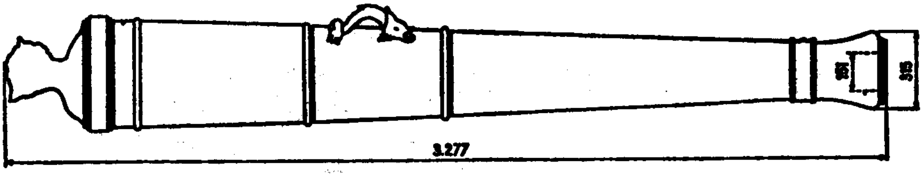
بدین‌ترتیب دیده می‌شود که توپهای مفرغی بیش از یک سده زودتر از توپهای چدنی در ناوها مستقر شدند و توپهای چدنی طی سدهٔ هجدهم روز به روز بیشتر رواج می‌یافتند.

سلاحهای دستی

طی مدتی که توپها جانشین تربوشه و فلاخن می‌شدند، سلاحهای دستی هم با کاربرد باروت سازگاری می‌یافتند. حدود سال ۱۴۲۴ بود که نخستین سلاح گرم دستی پدید آمد، و سده‌های

۱. Le Crosic بندری در ناحیهٔ لوار اتلانتیک، در فرانسه.

2. Jean Baube 3. Royal-Louis 4. Royal-Dauphin 5. Vermandois 6. Soleil-Royal



شکل ۱۹۹.شمای یک توپ مفرغی (عهد لویی چهاردهم).

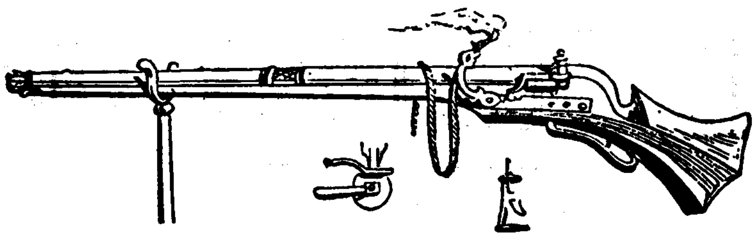
پانزدهم و شانزدهم شاهد پیشرفت سریع و کامل آن بود.

تفنگهای شمخال و تحول آنها: نخستین توپ دستی، تنها لوله‌ای بود که آن را با دو دست گرفته و آتش می‌کردند. یک نفر که کمک تیرانداز بود، با نزدیک کردن آتش به‌باروت، از طریق روزنی که در سطح بالای لوله قرار داشت، آن را آتش می‌کرد. توپهای دستی فاقد قنداق و حامل بودند.

با گذاردن لولهٔ آهنی روی قنداق ساده‌ای که بر روی شانهٔ توپچی قرار داشت (شکل ۲۰۰)، دست چپ او آزاد می‌شد و می‌توانست آتش را به‌باروت نزدیک کند؛ از آن پس برای آتش کردن این سلاح دستی نیازی به کمک تیرانداز نبود. گام بعدی تکامل این سلاح، بهتر کردن قنداق و طرز آتش کردن توپ بود، قنداق دربرابر لگد اسلحه بیشتر مقاومت می‌کرد و طرز آتش کردن، مطمئنتر و تیراندازی سریعتر شد، بدون اینکه اثر بدی روی هدف‌گیری بگذارد.



شکل ۲۰۰.شمای یک توپ دستی.



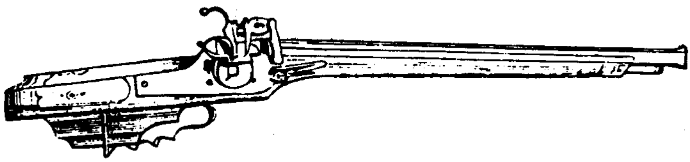
شکل ۲۰۱.شمخال فتیله‌ای.

سلاحهای دستی اولیه، سنگین بودند و این وزن زیاد همراه با لگد به‌هنگام تیراندازی از سهولت کار با آنها می‌کاست؛ بنابراین به زیر توپ قلابی اضافه کردند تا زمانی‌که برای تیراندازی آن را بر روی دیوار تکیه می‌دهند، این قلاب همچون بندی عمل کند. این شمخالهای قلابدار بودند که توپهای دستی را به‌طور کامل از صحنه بیرون راندند.

شمخالهای قلابدار گاهی ۵۰ تا ۶۰ پوند سنگین بودند؛ طول آنها ۵ تا ۶ پا بود و تنها به‌عنوان سلاحهای سنگری قابل استفاده بودند. برای سبکتر کردن آنها اقداماتی صورت گرفت تا پیاده‌نظام با آن مسلح شود، اما این سلاح همیشه نیاز به تکیه‌گاه ثابتی، نظیر دیوارک حصار و یا غیر ثابت، نظیر یک دوشاخه قابل حمل داشت که مدتها مورداستفاده بود.

روش آتش‌زدن باروت با به‌کارگیری نوعی فتیله بهتر شد. این فتیله در مارپیچی قرار داشت که سه اینچ بطرف طشتکی محتوی کمی باروت که مقابل سوراخ قرار داشت پایین آورده شده بود (شکل ۲۰۱). سوراخ مزبور در بالای لوله نبود، بلکه درکنار آن قرار داشت. این نوعی شمخال فتیله‌ای بود، که اسپانیاییها در سال ۱۵۲۵ در پاویا به‌کار گرفتند و لشکریان فرانسوای اول را تارومار کردند. تحول شمخال فتیله‌ای به تولید موسکه انجامید، که سلاح پیاده‌نظام فرانسوی تا زمان لویی سیزدهم باقی ماند. شمخال معایب جدی داشت: سرباز حامل آن می‌بایست فتیله‌اش همیشه روشن باشد، یا وسیلهٔ روشن کردن فتیله را آماده نگاهدارد؛ برای هر بار تیراندازی لازم بود طول فتیله را میزان کند تا انتهای فتیله که در مارپیچ قرار داشت، دقیقاً در طشتک بیفتد (قرینه‌سازی فتیله)؛ در لحظهٔ تیراندازی بر روی فتیله فوت کند تا آتش تیز شود. برای سواره‌نظامی که یک دست او رکاب اسب را گرفته است، انجام کارهای بالا ممکن نبود.

سلاحهای گرم به‌علت قدرت مرگبارشان، از آغاز سدهٔ شانزدهم در پیاده‌نظام به‌کار گرفته می‌شدند. در فرانسه، نخستین مانوفاکتور سلاحهای گرم در سال ۱۵۱۶ در سن اتین تأسیس شد. شمخالهای قلابدار هنوز، که لازم بود دو شاخهٔ آنها را روی زمین محکم کنند و تیراندازی



شکل ۲۰۲.شمخال با چخماق چرخی.

غیردقیق و نامنظم بود، سلاحهای ناقصی بودند. باران مانع روشن شدن فتیله می‌شد و در اثر تیراندازی تکان شدیدی داشت. چکشکاری توپهای فولادی گرچه کم‌وبیش بخوبی انجام می‌گرفت، اما غالباً شمخالها می‌ترکیدند. به‌هر تقدیر، حتی اگر بخوبی ساخته و با مهارت هم آتش می‌شدند در هر ۸ تا ۱۰ دقیقه نمی‌توانستند بیش از یک بار آتش کنند.

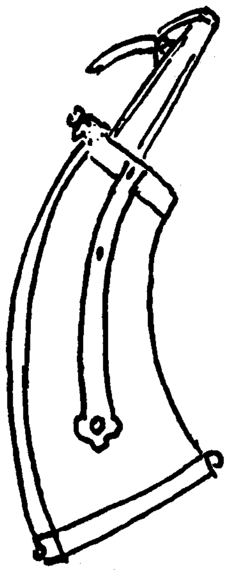
شمخالها را بتدریج با کاستن از طول لوله، سبکتر ساختند. آتش کردن باروت آن را با ابزار کاملتر و بهتری، آسانتر کردند. تفنگهای موسکه در اواخر سلطنت هانری دوم کم‌کم جای شمخال را گرفتند. گلولهٔ این تفنگها کمی بیش از ۳۸ گرم وزن داشت و به‌جای فتیلهٔ گوگردی از نوعی چرخ فولادی دندانه‌دار، برای آتش کردن باروت در آنها استفاده می‌شد.

حدود سال ۱۵۱۷ آلمانیها نوعی چخماق اختراع کردند که از دو قطعه تشکیل شده بود: سگکی که فنری به آن فشار می‌آورد و بین فکهای خود یک سنگ چخماق (ابتدا، پیریت و بعدها سنگ آتشزنه) را گرفته بود. این سنگ به یک چرخ دندانه‌دار تکیه داشت، زمانی‌که این چرخ بوسیلهٔ فنر بشدت می‌گردید، جرقه‌های ایجاد شده، باروت طشتک را محترق می‌ساخت (شکل ۲۰۲).

تفنگ چخماقی: اسپانیاییها بعدها، اصلاح اساسی در سلاحهای دستی ایجاد کردند، که کاربرد آن تا سدهٔ نوزدهم برقرار بود و آن چخماق بود. چرخ دندانه‌دار حذف شد و با ضربه‌ای که سنگ آتشزنه که میان فکهای سگک قرار داشت بر لبهٔ طشتک فولادی وارد می‌ساخت، جرقه‌ای ایجاد می‌شد و تفنگ عمل می‌کرد.

تفنگ چخماقی اسپانیاییها یک فنر خارجی داشت که روی بازوی سگک قرارگرفته بود. بعدها این قطعات، جز سگک، پوشیده شدند. این اختراع تا سال ۱۶۳۰ مورد استفاده قرار نگرفت. پیش از این سال، چخماق چرخی، گرچه هم پیچیده بود و هم غالباً عمل نمی‌کرد، معمولاً به‌کارگرفته می‌شد و مارپیچ حاوی فتیله هم غالباً با آن بود. زمانی‌که این تفنگها به دو وسیلهٔ آتش‌کننده مجهز شدند، اطمینان بیشتری به آنها می‌رفت. در فرانسه تا سال ۱۶۷۰ تفنگهای چخماقی متداول نبودند.

برای ساختن سلاحهای خاندار، تفنگهای لولهٔ کوتاه (کارابین) که طول لولهٔ آنها فقط سه پا



شکل ۲۰۳.شاخ باروت.

بود، اما برد زیاد و هدف‌گیری دقیقتری داشتند، کارهایی انجام گرفت که نتیجه‌ای نداشت. این کارها در فرانسه در سدهٔ نوزدهم شروع شد. سلاحهای معمولی، موسکه سپس تفنگ چخماقی رواج داشتند. عیب بزرگ آنها، کندی بیش از حد در تیراندازی بود. درواقع می‌بایست از پیش آن را خرجگذاری می‌کردند، یعنی مقدار معینی باروت در طشتک آن می‌ریختند. برای این کار در اوایل از نوعی شاخ باروت استفاده می‌شد، که حجم نوک آن به‌اندازهٔ خرج تفنگ، گنجایش داشت (شکل ۲۰۳). دریچه‌ای در قاعدهٔ گردن و پولکی در انتهای آن، پرکردن و سپس تخلیهٔ باروت آن را در لولهٔ موسکه عملی می‌ساخت.

باروت چاشنی که نرمتر تهیه می‌شد، در کیسهٔ کوچک چرمی یا لولهٔ فلزی قرار داشت. ریختن آن در تفنگ نیازی بوسیلهٔ اندازه‌گیری نداشت، زیرا با چشم، مقداری را که در طشتک می‌ریختند تخمین می‌زدند. در کیسهٔ دیگری ساچمه‌هایی را که با میله به درون لوله می‌چپاندند، در دسترس بود.

برای کاستن از زمانی‌که آماده شدن تفنگ می‌گرفت، فشنگ را اختراع کردند. در هر فشنگ خرج معینی وجود داشت و فشنگها بر روی فانوسقه ردیف می‌شدند و تنها کافی بود یکی از آنها را از فانوسقه برداشت، لفاف آن را با دندان پاره کرد و باروتهای آن را در لوله ریخت، درحالی‌که

مقدار کمی باروت را به‌عنوان چاشنی در طشتک ذخیره می‌کردند. بدین‌ترتیب توانسته بودند شاخ باروت و کیسهٔ باروت نرم را حذف کنند و درعین‌حال خرجگذاری را منظمتر و سریعتر گردانند.

با همهٔ این احوال، تیراندازی به کندی انجام می‌گرفت و درواقع سرباز پیاده از زمانی‌که یک بار آتش می‌کرد، تا زمانی‌که سلاح او دوباره خرجگذاری شود، بی‌اسلحه بود. برای حل این مشکل هر سرباز را با چند مرد بدون سلاح گرم و تنها مجهز به سرنیزه همراه می‌کردند. این سربازان برای پشتیبانی از تفنگداری که فعلاً غیرمسلح بود در برابر حملهٔ ناگهانی دشمن، از نیرو و مهارت خود در جنگ با سرنیزه استفاده می‌کردند. مونلوک[۱] پیش از اجرای مأموریت خود در نبرد چریزولس[۲] در سال ۱۵۴۴ به سربازان سرنیزه‌دار خود، طرز جنگ با نیزه را بخوبی یاد می‌دهد.

برای اینکه همهٔ سربازان با سلاح گرم مجهز شوند باید این سلاح کاربردی ساده همچون سرنیزه داشته باشد. نخست نوعی خنجر به طول یک پا دارای دستهٔ چوبی به همان طول، مورداستفاده قرار گرفت که در لولهٔ تفنگ آن را جا می‌دادند. تفنگ تبدیل بنوعی اسلحهٔ کمری شد، اما با لولهٔ تفنگ که سر آن بسته شده بود و نه می‌شد آن را پر کرد و نه با آن آتش کرد.

در اواخر سدهٔ هفدهم ووبان در اندیشهٔ طرح نوعی سرنیزه بود که با اینکه ته آن در کاسه‌ای جای می‌گیرد، لوله تفنگ بسته نشود و با آن بتوان تیراندازی کرد. احتمال کمی می‌رود که این اختراع خود ووبان بوده باشد. عقلایی‌تر است که آن را، اختراع چلنگر یا آهنگری به نام بایون[۳] بدانیم، که ساخته‌های آهنی او بسیار شهرت داشتند و بدین‌جهت سرنیزه را با نسبت دادن به نام او، بایونت نامیده‌اند. اما به‌هرحال ووبان این شایستگی را داشته است که استفاده‌های محتمل و فراوان آن را دریابد و آن را به‌کار گیرد.

زمانی‌که هر سرباز با چنین سلاحی مجهز گردد در یک زمان هم سلاح گرم و هم سلاح سرد دارد. لووا بی‌درنگ هوادار چنین سلاحی شد، اما گفته می‌شود که لویی چهاردهم با چنین سرنیزه‌ای مخالفت کرده است و شمار زیادی از ژنرالهای او که با شرکتهای سرنیزه‌سازی زدوبند محکمی داشتند، با لویی همصدا شدند. استفاده از سرنیزه‌های قدیمی، ۲۱ سال دیگر ادامه یافت و تنها پس از شکست فرانسه در جنگ جانشینی اسپانیا بود که آن را کنار گذاشتند. از آن زمان به

---

۱. Montluc یا Monluc ۱۵۰۲_۱۵۷۷ سردار فرانسوی که در اثر پیروزیهای فراوانش به لقب مارشال فرانسه مفتخر شد.

۲. Cerisoles دهستانی در ناحیهٔ پیمون ایتالیا.

3. Bayonne

۴. Steenkerque یا Steinkerque روستایی در بلژیک در منطقهٔ انو.

بعد استفاده‌های فراوانی که پیاده‌نظام فرانسه از این سلاح، بویژه در نبردهای اشتاینکرک[۴] و دنن[۱] به‌دست آورد، بر همه معلوم است.

در پایان سدهٔ هفدهم وضع تسلیحات چنین بود: تفنگهای چخماقی همراه با سرنیزه، که بجز چند اصلاحی که در سدهٔ هجدهم در آنها ایجاد شد، تا سدهٔ نوزدهم رواج داشتند.

در سال ۱۶۰۵ سواره‌نظام، نیزه را که سده‌ها سلاح ویژه او بود، به‌کناری گذاشت و به‌جای آن شمخال یا پیستوله را برگزید.

پیستوله: این سلاح در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم ساخته شده است و درحقیقت شمخالی است که کوچکتر، سبکتر و دستیتر شده است، به‌طوری‌که یک سواره‌نظام با یک دست می‌تواند آن را به‌کار گیرد. این سلاح نخست ویژهٔ سواره‌نظام آلمانی مزدور در فرانسه بود. پیستوله در مرحلهٔ نخست در نبرد رنتی[۲] سال ۱۵۵۴ به‌کار رفت و طرز کار آن مورد تحسین فراوان قرار گرفت. آنها به‌شکل اسکادرانهای بزرگی حمله می‌کردند و در مقابل پیاده‌نظام دشمن در داخل برد پیستوله، متوقف می‌شدند. همهٔ ردیف نخست همزمان آتش می‌کردند، سپس در سمت چپ و راست محو می‌شدند و ردیف دوم نمایان می‌شد؛ ردیف نخست به پشت جبهه می‌رفت تا سلاح خود را از نو پر کند.

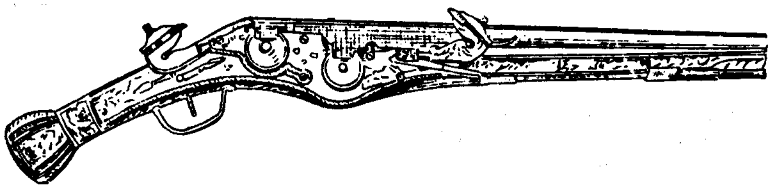
پیستوله درواقع همان سلاح معمولی پیاده‌نظام بود که کوچک شده بود، بنابراین همان اجزا را داشت. پیستوله‌های سواره‌نظام مزدور آلمانی دارای چخماق یا چرخ‌دندانه‌دار بودند. قنداق آنها مجهز به دستهٔ تخم‌مرغی بود و لولهٔ کوتاهی داشتند. بخشهای چخماق چرخ‌دندانه‌ای آنها، در ابتدا پوشیده نبودند و بیرون از پیستوله قرار داشتند و بعدها استوانه‌ای آنها را در خود گرفت. قنداق آنها با لوله تشکیل زاویه‌ای ۴۵ درجه می‌داد و بعدها با لوله در یک خط قرار گرفت. در مدلی از پیستوله که در عهد هانری چهارم معمول بود، لوله و قنداق در یک خط قرار داشتند.

این شمخال کوچک طی ده سال تبدیل به سلاح همگانی شد. فرمانهایی دائر بر ممنوع شدن کاربرد آنها در مناطق غیرنظامی انتشار یافت، اما کسی به آن توجهی نکرد. در نیمهٔ دوم سدهٔ شانزدهم پیستوله مرگبارترین اسلحه موجود بود و موجب قتلهای سیاسی متعددی شد، و طی جنگهای مذهبی، پیستوله و موسکه به یک اندازه آدم کشته‌اند.

اسلحه‌سازان ایتالیایی و آلمانی که پیستوله می‌ساختند رقابت شدید خود را در قسمت مرغوبیت چوب پیستوله، تزیین وکنده‌کاری دستهٔ آن متمرکز ساخته بودند. پیستوله‌های دولول نیز ساخته می‌شد، لوله‌ها روی یکدیگر قرار داشتند و هر لوله چخماق چرخ دندانه‌ای خود را داشت (شکل ۲۰۴).

۱. Denain شهری در نورد در منطقهٔ والانسیین، کنار رودخانه اسکو (سکلت)

2. Renty



شکل ۲۰۴.پیستوله با چرخ دندانه‌دار.

پیستوله‌های دولول، کندی کار این سلاح را تاحدی جبران می‌کرد؛ زیرا دارندهٔ پیستوله تک‌لول، پس از آتش کردن بدون اسلحه می‌ماند، همان نقصی که درکار شمخال هم وجود داشت. مردم عادت کرده بودند که چندین پیستوله با خود داشته باشند که آنها را یا از قربوس زین آویزان می‌کردند، یا در زیر کمربند خود قرار می‌دادند، و یا به شوشکه خود متصل می‌کردند.

طبیعی بود که تکامل پیستوله راه تکامل سلاحهای پیاده‌نظام را دنبال کند؛ آتش کردن آن ساده‌تر شد، با تعویض چخماق دارای چرخ دندانه‌دار با چخماق سگکی وزن آن کاهش یافت.

کتاب‌شناسی I

BETHUYS et MANCEAU, *L'outillage d'une armée*, éd. Lecène-Oudin, Paris, 1892.

BUAT (E.), *L'artillerie de campagne*, Lib. F. Alcan, Paris, 1911.

LAIRD CLOWES (G. S.), *Sailing Ships*, Part. I, London, 1932-1947.

CONTURIE (P. M. S.), *Histoire de la fonderie de Ruelle*, Imp. Nat., Paris, 1951.

GESSLER (E. A.), *Führer durch die Waffensammlung*, Schweizerisches Landes Museum, Zurich, 1928.

LACROIX (P.), *L'armée depuis le Moyen Age jusqu'à la Révolution*, éd. Firmin-Didot, Paris, 1889.

MAINDRON, *Les armes*, éd. Quantin, Paris, 1890.

SCHLUMBERGER (G.), Les canons de Mahomet II au siège de Constantinople, in *Récits de Byzance et des Croisades*, éd. Plon-Nourrit, Paris, 1916.

VIAL DU CLAIRBOIS, Articles divers dans *Encyclopédie méthodique, Marine*.

کتاب‌شناسی II

REVUES

Neptunia (Musée de la Marine), Paris.
Shipbuilding and shipping records, London.
Revue de Paris, Galiot de Genouillac, Paris, 1926.

MUSÉES

Paris : Musée de la Marine, Paris et Le Croisic.
Musée de l'Armée, Invalides.
Bruxelles : Musée de la Porte de Hal.
Londres : La Tour de Londres.
Bâle, Zurich.
La Neuveville (canton de Berne, Suisse). Notices et documentation aimablement fournies pa
M. R. Gossin.

کتاب ششم

شهرسازی و ساختمان

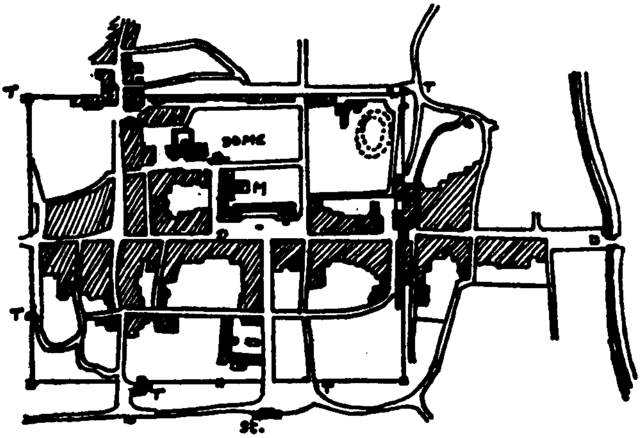
۲۰

گسترش شهرها و شهر سازی

در نخستین بخش این جلد گفته شد که از همان سدهٔ پانزدهم مؤلفان و معماران برای خیابانهای شهر اصولی را پیشنهاد کردند و درگذر سدهٔ شانزدهم تعداد زیادی خیابان و میدان ساخته شد.

در آن زمان تغییراتی که در سیاست پدید آمد، دگرگونیهایی را در شهرداری به‌دنبال داشت. قرون وسطی شاهد تشکیل گروهها و خانواده‌های بزرگی بود که با یکدیگر درکشمکش بودند و هواداران خود را در محله‌های معینی گرد می‌آوردند، یا به‌عبارت دقیقتر «بورگ»هایی در حومه تشکیل می‌دادند. این بورگها بدون نقشهٔ قبلی برای دفاع دربرابر بورگهای همسایه، و نیز برای برقراری روابط و وسایل ارتباطات، سازمان می‌یافتند.

آثار گذشته: محلات قدیمی که در شهرها دیده می‌شوند، همه‌جا کوچک و فشرده هستند تا در پناه حصاری گرد که بر روی ارتفاعی احداث شده است، بتوانند از خود دفاع کنند. محلاتی از جهان باستان نیز احیاناً در جاهایی دیده می‌شوند که در حصاری مستطیلی از دیوارهای قدیمی



شکل ۲۰۵.نقشهٔ شهر ائوستا، نظام اولیهٔ اردوگاه رومیان را نشان می‌دهد (از: کاتچا).

روم قرار دارند، این دیوارها مرمت شده‌اند.

این آثار هنوز در «شهرهای قدیمی» از قبیل بولونی سورمر دیده می‌شوند که گواهی بر تاریخی کهن و گذار ژول‌سزار از آن محل است، باز در شهر ائوستا[1] (شکل ۲۰۵) و اسپلیت[2] از این آثار دیده می‌شوند. در اسپالاتو، شهر درون حصار کاخ دیوکلسین[3]، همچون یک قلعه حقیقی برپا ایستاده است.

شهرها که استقلال خود را به‌دست آورده بودند و از سودمندی خود آگاه بودند، دست به کار ایجاد مراکز ادارهٔ شهر و میدانهایی برای شهر شدند که مرکز آن به‌شمار می‌آمدند. با این‌همه هنوز در قرون وسطی خبری از ترافیک تجارتی و نیاز به‌نقل و انتقالات مهم نبود: راهها و پلهای دوران روم بدون استفاده مانده و حتی ویران شده بودند.

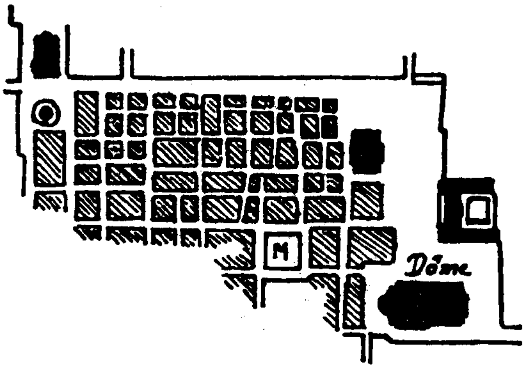
در دوران رنسانس، رفته‌رفته یک جنبش پیشرفته، چهرهٔ تازه‌ای به شهر داد. جنبش شهر ونیز در پرتو وجود یک شهرداری واقعی که از خیلی زود برای ساختن کانالها، پلها و حتی خانه‌ها مقرراتی وضع کرده بود، به این حرکت جنبهٔ ویژه‌ای داد که این مقررات در شهرهای ساحلی دوطرف آدریاتیک فورلی[4] و پزارو از یکسو و سبنیکو، جارا، راگوزا (دوبرونیک) (شکل ۲۰۶) از سوی دیگر

۱. Aosta شهری در شمال غربی ایتالیا.

۲. Spalato یا Split (به ایتالیایی اسپالاتو) شهری در جنوب کرواسی، در یوگسلاوی.

۳. Diocletian ۲۴۵ـ۳۱۳ امپراطور روم ۲۸۴ـ۳۰۵.

۴. Forli شهری در ایتالیا، در جنوب راونا.



شکل ۲۰۶.نقشهٔ شهر راگوزا (دوبرونیک)، سیمای ونیزی دارد (از: کاتچا).

به اجرا درآمدند.

نظم خیابانهایی که در خط مستقیم و عمود بر یکدیگر قرار داشتند، عمومی بود. نظرات ل. ب. آلبرتی در مورد خیابانهای منحنی که به‌شکل مارپیچ در شهر دور می‌زدند، جز در چند راه فرعی، بدون پشتیبان و تخیلی مانده است. درعهد پاپهای یولیوس دوم، لئوی دهم و پاولوس سوم گرایش به تقارن به اوج خود رسید.

تجدید قوارهٔ شهرها عبارت بود از خطوط پرشکوه‌تر اصلی و ایجاد میدانهایی بمنظور اینکه در صورت ترافیک شدید جا به‌اندازهٔ کافی باشد.

تأثیر توپخانه: اما در مورد شهرهای جدید، باید گفت که پیشرفت تسلیحات، الزامات تازه‌ای در بافت شهرها به‌وجود آورد. پیش از کاربرد توپخانه، حصار شهر جان‌پناهی برای مدافعین، که برد اسلحهٔ آنها کم بود، به‌شمار می‌رفت. ساکنان حومه می‌بایست از شهر زیاد دور نباشند و این منطقه که در اثر توسعهٔ شهر ایجاد می‌شد، می‌بایست بسیار نزدیک به شهر و به‌اصطلاح در پای آن باشد.

تغییراتی که توپخانهٔ باروتی ایجادکرد، دگرگون سازی سیستم دفاعی شهر بود: دیوارها کوتاه شدند، اما تیراندازی با توپخانهٔ مقتضی وجود خندق، گلاسی بود که مقداری از زمین را بایر می‌گذاشت. شماهای شهرهای ویتری‌لو فرانسوا (شکل ۲۰۷)،پالمانووا (شکل ۲۰۸)این حالت را بخوبی نشان می‌دهند.

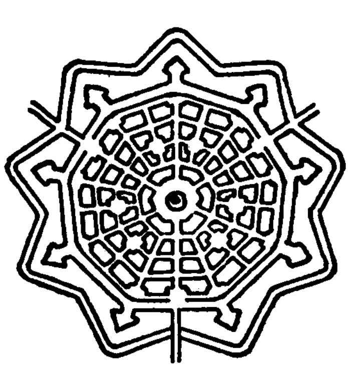
برای خیابانهای شهر دو نوع طرح وجود داشت: شبکهٔ خیابانهای عمود برهم، که تکرار سادهٔ سیستم شهر روم بود؛ دیگر طرح خیابان‌بندی دایره‌ای یا چندگوش، که در آن طول دیوارها نسبت



شکل ۲۰۷.نقشهٔ شهر ویتری‌لو فرانسوا، در سال ۱۵۵۴.

به محوطه‌ای که دربر می‌گرفتند، حداقل بود. طرح اخیر به سیستم خیابان‌بندی شعاعی انجامید.

طرح یک شهر تازه تنها می‌توانست سطح معینی را، براساس جمعیت معین و تقریباً ثابت دربرگیرد. توسعه‌های بعدی می‌بایست در بیرون از حصار شهر انجام گیرد، یعنی در طول راههایی که از شهر منشعب می‌شوند و بدون نقشهٔ قبلی و تقریباً همواره بی‌نظم و مغشوش می‌باشند.



شکل ۲۰۸.نقشهٔ شهر پالمانووا، در سال ۱۵۵۳.

پیشروی بسیار سریع توسعهٔ برخی شهرها، ساخت حصارهای پی‌درپی را الزام‌آور ساخت تا اینکه محله‌های جدید را دربر گیرد، و مسألهٔ شهرداری همواره تغییر یابنده و مؤکد را مطرح کرد. نمونهٔ توسعهٔ شهر پاریس و سازمان شهرداری آن از این دید بسیار جالب است.

توسعهٔ شهر پاریس: حصار فیلیپ اوگوست که در سال ۱۱۹۰ شروع شد، بر روی دو طرف رودخانهٔ سن، محوطه‌ای به وسعت ۲۵۳ هکتار را دربر می‌گرفت. در سدهٔ سیزدهم، خیابانهای بزرگ بیش از ۵ تا ۹ متر عرض نداشتند و تنها خیابانهای اصلی مفروش بودند. بدین‌ترتیب بیشتر خیابانها خاکی و بوی بدی از آنها به مشام می‌رسید. پهن و رجاست در خیابان لگد می‌شد. خانه‌ها بدون مستراح بودند و فضولات انسانی به کوچه‌ها سرازیر می‌شد، یا اینکه به گندابروی همگانی می‌ریخت. جویبارهای قدیمی کوچک که به سن وارد می‌شدند، گنداب‌روهای سربازی بودند که سده‌های متوالی، فضولات را به رودخانه منتقل کرده‌اند.

در اواخر سدهٔ سیزدهم، تعداد ۳۵۰ هکتار تقاطع برای ۳۰۰ کوچه وجود داشت. تا سال ۱۳۸۲ ورودی کوچه‌ها را بخاطر امنیت ساکنان آنجا با زنجیر می‌بستند. این کار که مدتی کنار گذاشته شده بود، از سال ۱۴۰۷ تا سال ۱۴۳۶ از نو عملی می‌شد.

حصاری که اتین مارسل[1] برای پاریس شروع کرد و بوسیلهٔ شارل پنجم به پایان رسید، همهٔ محلات بیرون از حصار فیلیپ اوگوست را در خود داشت.

طاعون بزرگ سال ۱۳۴۸ منجر به انتشار نخستین مقررات پلیس (۱۳۵۰)، برای پاکیزه نگاهداشتن شهر شد. این مقررات که در سالهای ۱۳۸۸، ۱۵۰۶، ۱۵۳۱ و ۱۵۷۷ تکرار گردید، فقط در سدهٔ هفدهم واقعاً اجرا شدند.

حصاری که شارل پنجم آن را ساخت، کنگره‌دار بود و در هر سوی آن برجی چهارگوش قرار داشت و برای اولین بار توپخانه را در آن در نظر گرفته بودند. خیابانهای تنگ و پستی، همراه با جادهٔ کمربندی و خندقهای دوگانه داشت. وسعتی که مورد حمایت بود، به ۴۳۹ هکتار افزایش یافت و اطراف سن را زنجیر کشیدند.

در اواسط سدهٔ شانزدهم نمای خانه‌ها، که از سده‌های سیزدهم تا پانزدهم تغییر نکرده بود، به سبک رنسانس تغییر کرد: پنجره‌های ارسی جانشین قابی گردیدند. قابهای شیشه‌ای شفاف به‌جای شیشه‌های ضخیم نشانده شده در سرب رواج یافتند. سردر خانه‌ها با سقفهای بلند که با سنگ لوح پوشیده می‌شد، به‌جای مثلثیهای بالای شیروانی (سنتوری)، نمای کوچه‌ها را تشکیل می‌داد.

کاترین دومدیسی (۱۵۵۰) چند کالسکه تجملی از ایتالیا وارد کرد، این امر لزوم ایجاد تغییرات

۱. Etienne Marcel ۱۳۱۶ـ۱۳۵۸ رئیس بازرگانان پاریس که چند سال هم شهردار پاریس شد.

تازه‌ای را در وضع کوچه‌ها ایجاب می‌نمود و پنجاه سال طول کشید تا این تغییرات عملی شدند.

در زمان شارل نهم حصار دیگری طرح شد و این حصار تا زمان لویی سیزدهم پایان نیافت؛ محلاتی در غرب پاریس وارد حصار تازه شدند (۱۶۳۳ـ۱۶۳۶). مجموعه کارهای شارل پنجم در طرف راست رودخانهٔ سن در آن زمان باستیون‌سازی شده بود. در طرف چپ رودخانه، خیابان‌بندی آغاز شد که هرگز به پایان نرسید. هانری چهارم پس از اینکه نظم را برقرار ساخت، دست به‌کار اصلاحات در شهر شد، او ویرانیها را بر پایهٔ نقشه‌ای متدیک تعمیر کرد و فرش کوچه‌ها و گندابروها را انجام داد.

در سال ۱۶۳۶ تعداد کوچه‌های پاریس از ۴۰۰ گذشته بود و توسعهٔ شهر، به‌علت دشواری تأمین خواربار آن و شورشهای احتمالی چنین جمعیت متراکمی اسباب نگرانی بود. فرمانهای پی‌درپی سالهای ۱۶۲۷، ۱۶۳۳ و ۱۶۳۸ مقررات فرمان قدیمی سال ۱۵۴۸ را متذکر می‌شدند که هرکس بیرون از حومهٔ پاریس خانه بسازد، به مصادرهٔ خانه و پرداخت جریمه محکوم خواهد شد. این فرمان که در سدهٔ هجدهم نیز چندین بار تکرار شد، نتوانست از توسعهٔ شهر جلوگیری کند. هر بار ناگزیر مرزهای شهر را عقبتر می‌بردند تامحدوده جدیدی را اعلام دارند.

به اقدامات بهداشتی هم توجه می‌شد. تشویقهای لیوتنان کشوری با نام اوبره[1] و نیز لیوتنان پلیس به نام رینی[2] تأثیر خود را داشتند: شهر را از آخال پاک کردند. از سال ۱۶۶۷ کوچه‌ها باز شدند و پیاده‌روها عریض، در خانه‌ها چاههای مستراح حفر کردند، سرویس منظم بردن خاکروبه، آتش‌نشانی و خطوط کالسکه‌رانی عمومی (کالسکه‌های کرایه‌ای و دلیجانهای پنج شاهی) دائر شدند. ساختمان پادگانها اجازه داد که سربازان (بویژه موسکه‌داران)، که تا آن‌زمان در خانه‌های دیگران بودند، در یکجا جمع باشند، یکی از اثرات این تصمیمات تازه، نابود شدن بیماریهای همه‌گیر بود که از سال ۱۶۹۴ تا سال ۱۸۳۲ اثری از آن دیده نشد.

کار روشن‌سازی خیابانها نیز پیشرفت چشمگیری داشت. نخست از شهروندان خواسته شد که در جلوی خانه‌های خود چراغی روشن سازند و این کار را از اول نوامبر تا ۳۱ ژانویه ادامه دهند، این درخواست در سالهای: ۱۳۱۸، ۱۳۴۵، ۱۵۰۴ و ۱۵۵۱ تکرار شد. سپس از آنها خواسته شد که درگوشه‌های خیابان چراغی را روشن دارند و سالهای ۱۵۵۸، ۱۵۹۴، ۱۶۳۹ این خواست را تکرار کردند؛ اما در سال ۱۶۶۷ روشن سازی خیابانها به شهرداری واگذار شد. شهرداری تعداد ۵۵۰۰ فانوس را در ۹۰۰ خیابان شهر که شامل ۲۰۵۰۰ خانه بودند، روشن می‌کرد. حوالی سال ۱۶۳۰ شهر پاریس ۵۶۰۰۰۰ نفر جمعیت داشت.

1. Aubray 2. Reynie

ایتالیا: کارهایی که در زمینهٔ شهرسازی در ایتالیا انجام گرفته است، همچنین شاهکارهای معماری موجود در آن دیار، ایتالیا و روم را در تاریخ هنر در ردیف نخست نشانده‌اند.

جوشش کار و گرایش به عظمت که پاپها و پرنسها را برمی‌انگیخت، تأثیر خود را نه‌تنها در تزیین کاخها با نقاشیها و گچبریها نشان می‌داد، بلکه در ساختن مجتمعهای شهری هم سهیم بود، امری که از سوی معماران و هنرمندان کشورهای دیگر نیز مورد تقلید قرار گرفت. مع‌ذلک نمی‌توان گفت که در نقشهٔ میدانها و راههای عمومی یک بررسی علمی شهرسازی، به‌معنای کنونی آن انجام گرفته است.

معمولاً در ساخت میدانها، منافع مردم در نظر گرفته شده است، مثلاً بازار تره‌بار (پیاتسه دله اربه)، بازار میوه و... میدانهای دیگری هم دربرابر ساختمان شهرداری ایجاد شدند. اما در هیچ شهر ایتالیا، شبکه‌بندی خیابانها و سازمانی سنجیده از میدانها و راههای ارتباطی وجود نداشت و به مسائل بهداشتی نیز توجهی نشده بود.

گاهگاهی جنگهای سرسختانه میان خانواده‌ها و گروههای بزرگ؛ گوئلف‌ها و گیبلین‌ها[1] به‌شکل غیر عادی در نقشهٔ شهرها یا خانه‌ها تأثیر گذاشته است. دراین‌باره می‌توان از قضیهٔ بسیار مشهور فلورانس نام برد. ساختمان کاخ شهرداری (پالاتسو کموناله) بوسیلهٔ آرنولفو دی لاپو[2] در اواخر سدهٔ سیزدهم آغاز گشت. «وزاری» این کاخ را باشکوه و عظیم توصیف می‌کند نقشهٔ کاخ و چهارراه از نظر تعصب و کینه دو طرف بسیار جالب است. گیبلین‌ها برای موقت بر شهر حکومت کردند، اما آنها پس از مرگ فردریک دوم از شهر رانده شدند و خانه‌های خانوادهٔ بزرگ فاریناتا[3] ویران گشتند. گوئلف‌ها که بر فلورانس تسلط یافته بودند، به آرنولفو اجازه ندادند که بر روی آن محل نفرین شدهٔ خانه‌های فاریناتا بخشی از بنای خود را بسازد. وزاری می‌گوید، نتیجهٔ این ممنوعیت «اعوجاج و بی‌قواره بودن» کاخ شد. چهل سال بعد یک غاصب موقتی محله مجاور را جزء کاخ ساخت و اطراف آن را حصار کشید. پالاتسووکیو (کاخ قدیمی) و نیز میدان روبه‌روی آن هنوز با ظاهر وحشی و درهم ریخته خود شاهدی از این خشونت تاریخی است.

آتش‌سوزیها و شورشها در این منطقه پیاپی پدید آمدند و تنها با به یادداشتن این اتفاقات

---

۱. Guells et Gibelins گروههای رقیب سیاسی در ایتالیا و آلمان در اواخر قرون وسطی؛ درکشمکشهای دیرپای پاپها با امپراطورهای مقدس روم، گوئلف‌ها از پاپ و گیبلین‌ها از امپراطور پشتیبانی می‌کردند.

۲. Cambio یا Arnollo di lapo ۱۲۴۰ـ۱۳۰۲ معمار و پیکر تراش ایتالیایی.

۳. Farinata رئیس گیبلین‌های فلورانس، در سال ۱۲۶۰ فلورانس را از گوئلف‌ها بازگرفت، اما کمی بعد شکست خورد.

می‌توان منظرهٔ واقعی آن‌را تصور کرد، از جملهٔ این حوادث باید از اعدام جیرولامو ساوونارولا[۱] (۲۳ مه ۱۴۹۸) نام برد که ظاهراً می‌بایست دربرابر دیوارهای قطور و بزرگ کاخ انجام گرفته باشد.

ونیز: ویژگی خاص ونیز این ارزش را دارد که دربارهٔ پیشرفت این شهر عجیب چند سطری نگاشته شود. جزایر کوچکی که در اثر آبرفتهای رودخانه‌ها در ماندابها ایجاد شده بودند، مورد توجه اشخاص قرار گرفتند که در زمینهای اصلی و محکم مجاور زندگی می‌کردند، اما از آن بیم داشتند که هجوم قومی وحشی، خانه و کاشانه آنها را نابود سازد. آبادیهای تورچلو[۲]، مالاموکو[۳]، کیوجا[۴] بدین طریق ساخته شده‌اند، این آبادیها سپس مجتمع گردیده تشکیل ونیز، ریالتو[۵] و اولیوولو[۶] را داده‌اند.

در ابتدا خانه‌های سبک چوبی که بر روی گلهای سست بنا شده بودند، محل سکنای خانواده‌هایی بود که از راه صید ماهی و کشاورزی روزگار می‌گذرانیدند. آنها که ناگزیر به ساختن قایق، چه برای صید ماهی و چه ارتباط با جزایر مجاور بودند، خود را وابسته به دریا می‌یافتند. پیشرفت صنعت کشتی سازی که عظمت و ثروت ونیز مرهون آن است، نتیجهٔ مستقیم چنین وضعی است.

در برابر کاخ دوک‌نشین که پس از آتش‌سوزی سال ۹۷۶ از نو ساخته شد، نخستین میدان سن مارک[۷]، میدانی تنگ و محقر بود. باغها، موستانها و اصطبلها فضای زیادی را درون خود شهر گرفته بودند. اما با برقراری جمهوری، ونیز تبدیل به یک مرکز بازرگانی نوینی شد که هم از نظر وسعت و هم زیبایی پیشرفت چشمگیری یافت. نواحی دور سدورو[۸] و اسپنیالونگا[۹] پر جمعیت شدند و ریالتو جای تورچلو را گرفت. از همان پایان سدهٔ یازدهم ویلیام آپولیایی[۱۰] نورمن از ثروت ونیز به شگفتی یاد می‌کند و می‌نویسد «هیچ ملتی در جهان در جنگهای دریایی کار آزموده‌تر از ونیزیها و در هنر راه بردن کشتیها داناتر از آنها نیست». توسعهٔ میدان سن مارک در اواسط سدهٔ دوازدهم سبب شد که زیبایی کلیسایی که بازسازی شده بود، نمایانتر گردد. در سال ۱۱۵۶ ریو باتاریو[۱۱] که درکنار میدان بود، پر شد و در سال ۱۱۷۲ کلیسای سان جمینیانو[۱۲] از میان رفت. میدان که بزرگ شده بود، مفروش و اطراف آن ساخته شد.

کاخ دوجه‌ها پس از شورش ۹۷۶ به‌طور باشکوهی بازسازی شد و درگذر از سدهٔ چهاردهم به پانزدهم نیز تغییر شکل داد. از همان زمان بر میدان پیاتستا[۱۳] مشرف بود و تقریباً در موقعیت

۱. Girolamo Savonarola ۱۴۵۲ـ۱۴۹۸ کشیش ایتالیایی اصلاح طلب که به فرقهٔ دومینیکان پیوست و با پاپ در افتاد و سرانجام پیروان او را بدار آویخته و سوزاندند.

2. Torcello 3. Malamocco 4. Chioggia 5. Rialto 6. Olivolo 7. Saint-Marc

8. Dorsoduro 9. Spinalonga

۱۰. Apulia ناحیه‌ای در جنوب ایتالیا، بین دریای آدریاتیک و خلیج تارانت.

11. rio Batario 12. San Geminiano 13. Piozzetta

کنونی خود قرار داشت. خانه‌های چوبی ابتدایی شهر جای خود را به خانه‌های سنگی دادند، اما برای اینکه پی این خانه‌ها، روی زمین سست آبرفتی پایدار باشد، می‌بایست تعداد تیرهای کوبیده شده در زمین را زیاد می‌کردند. بر روی این تیرهای کوبیده شده، کفی از چوب پیهای دیوارها را تحمل می‌کرد و حتی خود ساختمان را می‌شد روی آن بالا برد.

از سدهٔ دوازدهم دوسوی گراند کانال بوسیلهٔ یک پل چوبی در ریالتو به یکدیگر متصل شدند، این پل نزدیک بازار بزرگ (merceria) بود. جز بازار، خیابانهای غیرمفروش شهر شباهتی به طویله‌های متعفنی داشت که خوکها در آن پرسه می‌زدند. در داخل شهر فضاهای بزرگی ناشناخته مانده بود و با علف، موستان و درخت اشغال شده بود. اسبان هم در این شهر ماندابی، همه‌جا دیده می‌شدند.

در ۱۳۴۲ فرمانی صادر شد که از ورود اسبها به بازار ممانعت می‌کرد، زیرا ممکن بود با عابرین تصادم شود، و حکم شده بود که زنگی به گردن مرکب آویزان باشد. از همین‌لحظه است که حکومت درصدد اتخاذ تصمیماتی برای پاکیزه داشتن و بهداشت و نیز زیباسازی شهر بر آمد. خانواده‌های بزرگ اشرافی از ثروتهای خود برای ساختن کاخهای پرشکوه استفاده کردند. در سال ۱۳۶۷ حدود دویست کاخ اشرافی در شهر وجود داشت. کاخها ونیز مانند دژ ساخته نشده بودند. کشمکشهای داخلی در ونیز بندرت دیده می‌شد، کسی نیازی به پناه گرفتن در دژها نداشت. خانه‌ها مشرف بر کانالها بودند و از لحاظ تجمل و شکوه با یکدیگر، همچشمی داشتند.

در سده‌های چهاردهم و پانزدهم ثروت ونیز روزافزون بود. معماری گوتیک ونیز با اقتباس چند رنگی مشرق، تعالی یافت. کاخهایی که در سدهٔ پانزدهم ساخته شدند، ازگراند کانال، خیابان مجللی ایجاد کردند که به گفتهٔ آقای فیلیپ کومین[1] «به گمان من زیباترین خیابان در سراسر جهان است».

در پایان سدهٔ پانزدهم ثروت بوتیکهای بازار بزرگ (مرسریا)[2] و بازار سان پائولو در هیچ شهر دیگری از ایتالیا نظیر نداشت، پل ریالتو که به بوتیکها ختم می‌شد، از جزیرهٔ ریالتو «ثروتمندترین نقطهٔ جهان» را به‌وجود آورده بود.

فرمانداری شهر کاملاً مراقب زیبایی شهر بود. فرمان داده شد که درکوچه‌های تنگ و نامطمئن، با بودجه دولتی فانوسهایی روشن کنند. برای پُرسازی یا گودکردن کانالها، تمیز کردن کوچه‌ها از خاکروبه‌ها و تأمین آب آشامیدنی شهر کارهایی انجام گرفت. مأموران نظافت پلیس در اجرای اقدامات بالا نظارت داشتند. مقرراتی که از مقامات بالا انتشار یافت ریزه‌کارییهایی را در ارتباط با نظافت شهر اعلام می‌داشت از جمله ریختن زباله درکانالها اکیداً ممنوع شده بود.

1. P. Commynes 2. Merceria

کوششهای زیادی برای انحراف دهانهٔ رودخانه‌ها از انداب انجام گرفت، زیرا گلهایی که رودخانه‌ها می‌آوردند ممکن بود آن را پر کنند، ونیز لیدو (lido) را مستحکم کردند زیرا لیدوها راه ارتباط انداب را با دریا حفظ می‌کردند و مانع مسدود شدن آنها با شن بودند. از اصیلترین لیدوها می‌توان از سن اراسموس[1]، مالاموکو و کیوجا نام برد که هنوز وجود دارند.

به‌نظر مارینو سانودو، شهر ونیز در پایان سدهٔ شانزدهم ۱۸۰ تا ۱۹۰ هزار جمعیت داشت، رقمی که کمی اغراق‌آمیز می‌نماید. اسنادی که اعتبار بیشتری دارند، جمعیت این شهر را در سال ۱۵۰۹ برابر ۱۱۰۰۰۰ و در سال ۱۵۴۰ برابر ۱۹۱۰۰۰ ضبط کرده‌اند.

در سدهٔ شانزدهم، علی‌رغم از دست رفتن امپراطوری شرقی و آغاز سقوط ونیز، باز این شهر ظاهراً در اوج درخشش خود است. میدان سن مارک گرچه بخوبی اداره می‌شد، اما هنوز پر از دِرخت، موستان، بوتیک و انبوهه‌های آخال بود. در سال ۱۶۰۱ حکومت، آن را تمیز کرد و یک ردیف ساختمان در آن بنا کرد. بین سالهای ۱۴۵۹ و ۱۵۱۷ بنای برزن Procuratie vecchie ساخته شد، در سال ۱۵۰۶ در محوطهٔ پیاتستا در میدان بوتیکها در راستهٔ فروشندگان ماهی و گوشت فروشان، یک کتابخانه و ضرابخانه ساخته شد.

در ۱۵۸۲ بیمارستان قدیمی سن مارک را ویران ساختند و در جای آن برزنهای نوینی ایجاد کردند. میدانها در سدهٔ شانزدهم چهرهٔ کنونی خود را به‌دست آوردند. محلات متعددی با ساختمانهای تازه رنگ و رونقی یافتند. در سال ۱۵۹۱ پل قدیمی چوبی ریالتو، خراب و به‌جای آن پل آنتونیو داپونته ساخته شد. در برپاداشتن این پل، مشهورترین معماران عصر با یکدیگر رقابت کردند که از آن‌میان می‌توان بویژه از پالادیو نام برد که طرح او، که در مقایسه با نظرات آنتونیو داپونته بسیار کم‌ارزشتر بود، رد شد.

همهٔ فضای سبز بخاطر بالا بردن ساختمانهای پرشکوه از بین برده شد و زمین ساخته نشده‌ای دیده نمی‌شد. اسبها بتدریج از بین رفتند و به‌جای آنها صرفاً ازگوندوله (بلم، کوچک و تک پارویی) برای حمل‌ونقل استفاده می‌کردند. در پایان سدهٔ شانزدهم در ونیز حدود ۱۰۰۰۰ گوندوله درآمد و شد بودند که برخی چنان مجلل بودند که در سالهای ۱۵۶۷ و ۱۵۸۴ تجمل بیش از اندازهٔ آنها را سنای ونیز قدغن کرد.

سدهٔ هفدهم پایان عظمت این جامعه و در همان زمان آخرین کوششهای زیباسازی شهر را با خود دارد. این شهر که از لحاظ شکوه و جلال در سراسر جهان چون نگینی می‌درخشید دولتی درحال مرگ بر آن فرمان می‌راند. این دولت که دیگر درپی نگاهداری قدرت گذشتهٔ خود نبود، تنها

1. Saint-Erasmus

غم ظاهر پر برق و جلا و پیش‌پاافتادهٔ خود را داشت و جهانگردان را برای دیدن «نمایشگاه بزرگی از اشیاء لوکس و ارضای لذائذ» به‌سوی خود فرامی‌خواند.

روم: نوسازیهای پی‌درپی و حتی تناوب آنها، نقشهٔ این «شهر جاودان» را چنان تغییر دادند که لااقل ذکر کوتاهی از تاریخ آن لازم می‌نماید.

درون این حصار بزرگ ساختهٔ آورلیانوس[1] (۲۷۵ـ۲۷۶)، که می‌بایست روم را از گزند هجوم قبایل وحشی در امان دارد، دیواری که ۱۷ کیلومتر طول آن بود، به‌قولی یک میلیون و به‌قولی دیگر، دو میلیون نفر (که بسیار اغراق می‌نماید) می‌زیستند.

هجومهای قبایل وحشی، امپراطوری روم را پاره‌پاره کردند. انتقال دربار امپراطور به قسطنطنیه، سبب ویرانی تدریجی روم بود. انتقال مقر پاپ به شهر آوینیون، اهمیت شهر روم را به‌حداقل رساند. حدس زده می‌شود که زمانی‌که پاپها به روم بازگشتند در روم بیش از ۳۰۰۰۰ نفر مقیم نبودند. این عده در کاخهای رها شده، ترک برداشته و صومعه‌های قدیمی ترک شده و ویران می‌زیستند. پاپ نیکولاوس پنجم (که در سالهای ۱۴۴۷ـ۱۴۵۵ پاپ بود) تعمیر ویرانیهای سدهٔ چهاردهم را به‌عهده گرفت. عفو عمومی اعلام شده بوسیلهٔ پاپ در سال ۱۴۵۰ سبب شد که سیلی از مردم به‌سوی واتیکان سرازیر شود. نیکولاوس پنجم که در فلورانس زندگی کرده بود با طرحهای عظیم آشنایی داشت و یکی از بهترین معماران فلورانس، به نام لئون باتیستا آلبرتی (۱۴۰۴ـ۱۴۷۲) را که نظریه‌پرداز، هنرمند در بسیاری از رشته‌ها و همسنگ لئوناردو بود، به روم فراخواند.

در یکسوی رودخانه تیبر، روم می‌بایست با شبکهٔ وسیعی از راهها تغییر شکل یابد؛ و در سوی دیگر آن، با ایجاد میدانها و خیابانهای مستقیم به شهر تازه‌ای تبدیل گردد. نقشه‌ها همزمان برای کاخهای واتیکان و نیز ساختمان بازیلیک (مستطیلی شکل) کلیسای سن پیر آماده شدند.

استعدادهایی که در مدت عفو عمومی به روم روی آورده بودند، وسیلهٔ شروع کارهای بزرگ را فراهم ساخته بودند. مرگ پاپ نیکولاوس پنجم کارها را متوقف ساخت. آلبرتی به ریمینی رفت تا خانواده مالاتستا را رهین کارهای خود سازد.

جانشینان پاپ نیکولاوس پنجم نتوانستند کاری را که پایه‌گذاری شده بود، به‌پایان رسانند. آنها به ساختن کاخهای ادامه دادند و این کار را با مصالح خانه‌های ویران شده دوران باستان به‌انجام رسانیدند. بلوکهایی که از کولوسئوم[2] به‌جای مانده بود، در چندین کاخ دیده می‌شوند. معذلک در

---

۱. Aurelianus ۲۱۲ـ۲۷۵، از سال ۲۷۰ امپراطور روم شد.

۲. Colosseum آمفی‌تئاتر عظیم روم که در سالهای ۷۲ـ۸۰ میلادی در انتهای جنوب شرقی فوروم ساخته شد و گنجایش ۵۰ هزار تماشاچی داشت.

سال ۱۴۷۵ پاپ سیکستوس چهارم عزم خود را دائر بر انجام دادن هرکاری در جهت زیبا سازی و بهداشت این شهر که «پایتخت جهان و مقر سرورکروبیان است»، اعلام داشت. عفو سال ۱۴۷۵ که به عظمت عفو سال ۱۴۵۰ بود، موجی از طلا برای روم آورد. پاپ سیکستوس چهارم توانست تعداد دژهای فئودالی را کاهش دهد و محلات فقیرنشین را از میان بردارد.

نقشه‌های نیکولاوس پنجم که موردقبول سیکستوس چهارم نیز قرارگرفت، تا ۱۵۰۳ که آلکساندر ششم (رودریگو بورژیا) فوت کرد، از مرحله طرح هنوز تجاوز نکرده بودند. با این‌همه شهر روم تونلهای بورگو نووو[۱] (۱۴۹۴) و بورگو آلساندرینو[۲] قدیم را که پس از آن در زمان یولیوس دوم و لئوی دهم بورگو انجلیکو[۳] را ساختند و نیز سالم‌سازی محلهٔ میان رودخانه تیبر وکلیسای سن پیر را به‌وی مدیون است.

یولیوس سوم آرزو داشت که پایتخت وکاخ خود و نیز عمارت بازیلیکا را باهم بسازد. نوشته‌ای از سال ۱۵۱۲ در دست است که طرحهای بزرگ او را بر می‌شمارد: «پس از آزادسازی ایتالیا، او به‌کار زیباسازی شهر روم پرداخت و... .گشایش راههای جدید . . .».

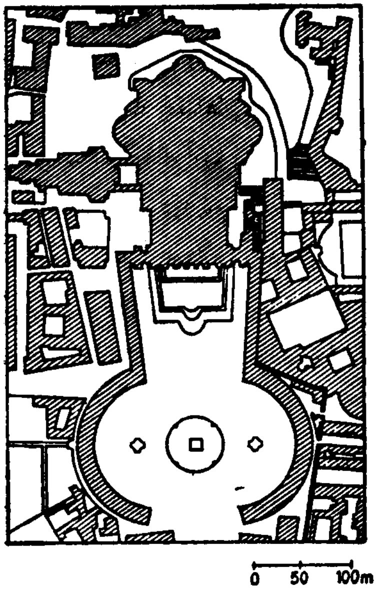
در هردو سوی رودخانه تیبر یک خیابان مستقیم و خیابانی جدید موازی با رودخانه بطرف واتیکان ادامه داشتند. خیابان نخست که لونگارا[۴] نامیده می‌شد، به تراسته وره[5] و دیگری به جولیا[۶] می‌رفتند.

اما برامانته معمار بزرگ کارهای یولیوس دوم، روم را پس از مرگ خود مخروبه باقی گذاشت. او برای تأمین فضای لازم جهت کارهای خود، مساحت زیادی را ویران ساخت و مصالح آنها را روی‌هم انباشت، و نیز به تخریب بازیلیکاهای قدیمی و یادمانها پرداخت. از وی انتقاد می‌کردند، برایش تصنیف می‌ساختند و لقب خرابکار به او دادند. برای این استاد جسور معماری با برنامه‌ای چنین گسترده، پول کافی در دست نبود، اما او با بی‌احتیاطی در تمام زمینه‌ها دست به‌کار شده بود.

پاپ پیوس چهارم از خانوادهٔ مدیچی (سالهای ۱۵۵۹ـ۱۵۶۵ پاپ بود) به کارهای یادمانی ادامه داد. ساختمان کاپیتول برپایهٔ نقشه‌های میکلانژ تغییرشکل یافت و پلکان معروف برای آن ساخته شد، این سه کاخ به‌فرمان عالیجناب براساس این نقشه‌ها ساخته شدند، اما کارها تا سدهٔ هفدهم ادامه داشتند.

برنامهٔ تجدید ساختمان راسیکستوس پنجم (سالهای ۱۵۸۵ـ۱۵۹۰ پاپ بود) با تخریب یادمانهای باستانی یا قرون وسطایی به پیش برد. کارهای او در ساختن چند کاخ بزرگ متمرکز شده

1. Borgo Novo 2. borgo Alersandrino 3. Borgo Angelico 4. Lungara
5. Trastevere 6. Giulia



شکل ۲۰۹. میدان سن پیر روم.

بود. سرانجام سدهٔ هفدهم شاهد فعالیت چهل ساله جووانی برنینی[1] (۱۵۹۸ـ۱۶۸۰) است. این هنرمند چندجانبه که ذائقهٔ او بیشتر جانب زمان خود را داشت تا دورانهای پس از وی، روی‌هم‌رفته، منظره‌ای را که ما اکنون شاهد آن هستیم به روم بخشیده است.

کارهای برنینی شامل منتظم سازی میدان سن پیر هم بود. او برای این منظور کاخی را که رافائل ساخته بود و نیز خانه‌هایی را با خاک یکسان کرد و ردیفی از ستونهای دوگانه برافراشت که به میدان و حیاط اندرونی بازیلیک منظره شکوهمندی می‌دادند (شکل ۲۰۹). طبع پرفیضان برنینی از زندگانی خود او نیز فراتر رفته است، کاخهای متعددی برپایهٔ نقشه‌های او شروع شدند که در سدهٔ هجدهم به‌پایان رسیدند. منبع آب تروی را در سال ۱۷۳۳ نیکلا سالوی[2] (۱۶۹۹ـ۱۷۵۱) از روی نقشه برنینی ساخت. بزرگترین پلکان روم، پلکان ترینیتادی مونتی[3] مطابق طرح او، اما در سال ۱۷۲۵ ساخته شد، ردیفهای این پله به همان روش درآیگاه ستوندار سن پیر، به‌طور مارپیچی بالا می‌روند.

1. G. Bernini 2. N. Salvi 3. Trinita dei Monti

واحدهای شهرسازی: شهرسازی از آغاز سدهٔ هفدهم، در فرانسه نیز مانند روم، در جهت ایجاد میدانهای محصور در مجتمعی از ساختمانهای دارای نمای یکسان به پیش می‌رفت. در پشت این سیستم تزیینی، نقشه‌های خانه‌ها می‌بایست با نماهایی که سبک و درب و پنجره‌های آنها دیکته می‌شد، مطابق باشد، نظر و گرایش ساکنان خانه ارزشی نداشت.

در پاریس، پلاس روایال[1] (اکنون پلاس دوژ نام دارد) یکی از قدیمیترین میدانهای یادمانی است که به‌ترتیب بالا ساخته شده است. هانری چهارم درنظر داشت که فضاهای خالی و خرابه‌های هتلهای قدیمی (هتل دتورل)[2] میدان را برای ساکنین خانه‌های کوچک و پرازدحام محل، به فضای سبز تبدیل کند و دستور داد که همه کلاه‌فرنگیهای ساختمانهای اطراف میدان «بخاطر تزیین شهر با یک تقارن ساخته شوند» (۱۶۰۵).

در ۱۶۰۷ او زمینهای واقع بین کاخها و پون‌نف را که ساختمان آن بتازگی به‌پایان رسیده بود به آقای آشیل دو هارله[3]، نخستین رئیس پارلمان واگذاشت و هارله می‌بایست در آن میدانی سه‌گوش ایجاد کند و خانه‌های اطراف میدان نمای یکسانی داشته باشند.

این مجتمعها تحسین بینندگان را بر می‌انگیخت و تقلیدهایی را سبب می‌شد. از آن جمله: کلمان متزو[4] (۱۵۸۱ـ۱۶۵۲) که با لویی برادر بزرگترش کار می‌کرد، بوسیلهٔ شارل دوگونجاگ[5] و کلیوز[6] دعوت شد تا شهر جدیدی، شارل ویل[7] را بنا کند. کلمان دوم که از خانواده مشهور معمار برخاسته بود، نوهٔ کلمان اول و پسر تیبو[8] (۱۵۳۳ـ۱۵۸۷) و جانشین پدر و همکار برادرش لویی (۱۵۵۹ـ۱۶۱۵) بود. لویی را هانری چهارم مأمور اجرای کارهای متعدد ساخت: در لوور، و در پلاس روایال که جانشین آندروئه دوسرسو شد. او شهر را همچون یک صفحه شطرنج، اما لوزی نه مربع، در تقلید از ویتری‌لو فرانسوا طرح کرد که کاخی سراسر یک سمت میدان را پوشانده است. سمتهای دیگر میدان به‌تقلید از پلاس روایال پاریس با کلاه‌فرنگیهایی پوشیده می‌شد، که نمای یکسانی داشتند. رشتهٔ معماری تا ساختن یک شهر تمام توسعه یافت. خیابانها و چهارراهها با ساختمانهای متقارن به سبک پلاس دوکال[9] محدود می‌شدند، جز در موقعی‌که ساختمانی دو طبقه بود، و مغازه‌ها پنجره‌های گرد داشتند. همین مصالح: سنگ، آجر و سنگ لوح همه‌جا به‌کار گرفته شد. این نقشه، نه تنها ازنظر جانمایی میدانها و خیابانها، بلکه از هر لحاظ، ساختمانهای همشکل در سراسر یک شهر، کامل بود. نقشه با ساختن دژهای مستحکم کامل شد تا آنجا که ریشلیو را

---

1. Place Royale یا Place des Vosges
2. Hôtel des Tourelles
3. Achille du Harlay
4. Clement Metezeau
5. Ch. de Gonzague
6. Cleves
7. Charleuille
8. Thibault
9. Place Ducale

هراس گرفت و دستور داد به نام شاه آن را تسخیر کنند.

ریشلیو نیز پس از ناکامی یک مهندس ایتالیایی درمورد ساختن سد لاروشل، به‌همین مهندس مراجعه کرد و او توانست در پنج ماه (اکتبر ۱۶۲۷ـ مارس ۱۶۲۸) این کار را انجام دهد.

ورسای: ورسای تنها یک دژ دارای باغهای بزرگ و حومه نیست، بلکه شهری است که ضوابط شهربودن در آن در مرحله اول توجه بوده است. پیشرفت خود شهر، که نتیجهٔ استقرار دربار در این دژ بود منجر به اجرای همهٔ کارهای شهر سازی در آن شد.

لویی سیزدهم که تمام توجهش به ایجاد فوروم (بازار مکاره) و بازارهای دیگر بود تا مردم را، گرچه در مقیاسی کم، اما پیوسته به آنجا جلب کند. دائر کردن زمینهای واقع بین ورسای و پاریس، اول کار بود. لویی چهاردهم در سال ۱۶۶۴ با سکنا دادن چند نورچشمی در جوار خود، انگیزه‌ای برای ساختن نخستین هتلها ایجاد کرد. اما تعداد این هتلها بزودی افزایش نیافت و لویی در سال ۱۶۷۱ تصمیم به‌ایجاد یک شهر تمام‌عیار در آن مکان گرفت. جملات این تصویب‌نامه (۲۲ ماه مه) چنین است:

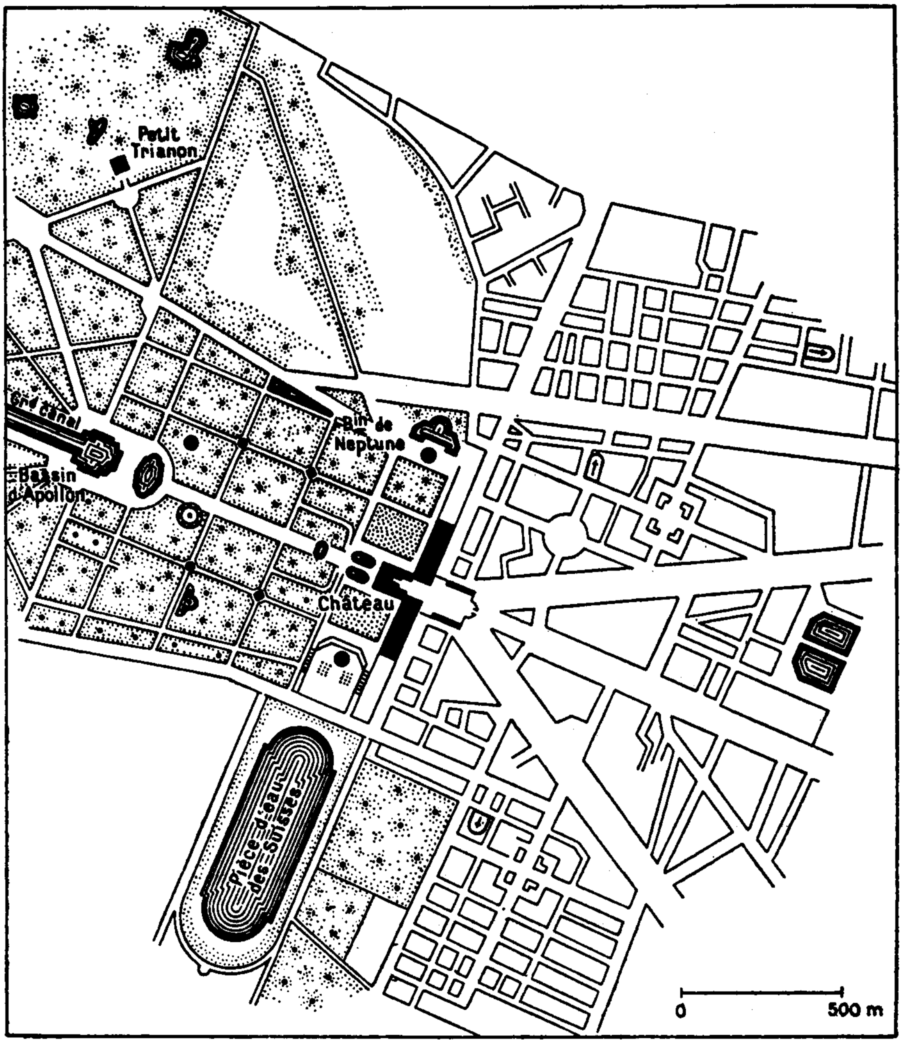
«اعلیحضرت که عنایت ویژه‌ای به بورگ ورسای ابراز می‌فرمایند، علاقه‌مندند آن‌را هرچه بیشتر شکوفا و محل آمدوشد مردم بیابند. بنابراین تصمیم گرفته‌اند که به هرکس که مایل باشد در محدودهٔ بین تلمبه‌خانه ورسای تا روستای کلاگنی[1] خانه بسازد، قطعه زمینی اعطا فرمایند. زمین داده‌شده به مالکیت قطعی صاحب آن در می‌آید و به ارث به اولاد او منتقل خواهد شد و وراث می‌بایست حالت و تقارن ساختمانهایی را که به آنان می‌رسد تغییر ندهند.»

بدین‌ترتیب به‌یک ضربه هم سبک معماری خانه‌ها و هم یکنواختی نمای آنها به ساکنان آنجا تحمیل شد. وانگهی خیابان‌بندی آنجا را لویی لووو[2] تغییرناپذیر اعلام کرد. هتلهایی که در این زمان در ورسای برپا بود، به سه‌میلیون پوند خریده شد و منسار اصطبل شاهی را در آنجا ساخت. اصطبل بزرگ در شمال خیابان پاریس، و اصطبل کوچک در طرف جنوب آن خیابان. سپس نوبت گراندکمون شد که آن‌هم در محله فقرای شهر کهنه ساخته شد. سرانجام شکارگاه و دژ کلاگنی به آن افزوده گشت (شکل ۲۱۰).

ورسای که در ۱۷۱۵ حدود ۳۰۰۰۰ نفر جمعیت داشت، واجد همهٔ امتیازات یک شهر: باغها، خیابانهای منظم با درختان نارون، هتلهای اشرافی، بوتیکها و مهمانخانه‌های ییلاقی بود. ساختمانها دارای ارتفاع و رنگ یکسان و از آجر و سنگ ساخته شده بودند و بامهای این ساختمانهای یک

1. Clagny

۲. Louis Le Vau ۱۶۱۲ـ۱۶۷۰ معمار فرانسوی که در ساختن لوور و تویلری دست داشته است.



شکل ۲۱۰.نقشهٔ شهر ورسای.

طبقه با سنگ لوح مفروش بود.

مقررات دولتی ارتفاع خانه‌ها را معین ساخته بود و آنها نمی‌بایست از سطح کاخ مرمر بالاتر باشند. این همترازی بامها و کاهش تعداد طبقات خانه‌ها در روشن‌بودن خیابانها تأثیر داشتند. لیکن موقعیت خود دژ و اشراف آن برهمهٔ شهر که در زیر پای آن گسترده شده بود و نشانهٔ برتری مقام سلطنت بر اتباع آن بود، نیز به روشن بودن شهر کمک می‌کرد.

دیده شده است که نقشه‌های بسیار عالی برای زیبا سازی شهر، مثلاً روم، به‌علت کمبود وسایل لازم برای اجرای آن به شکست انجامیده‌اند. باید بیاد آورد که در طرح ورسای، برای ساختن دژها، باغها و اطراف آن به پول و کارگر فراوان نیاز بود. نخست یک مدیر واحد بر همه کارها نظارت داشت. مدت سی سال از سال ۱۶۸۳ ژول هاردوان منسار[1] مدیر اجرای طرحهای لویی چهاردهم بوده است و اجرای طرحها مستلزم تدارک نیروی کار افسانه‌آمیزی بود. سپاهی عظیم از کارگران ساختمانی، راهساز و کارگران ساده خاکها را جابه‌جا، مردابها را خشک و در ساختن کاخها کمک می‌کردند. در یادداشتهای دانژو[2] دو سند دربارهٔ تعداد کارگران وجود دارد:

در ماه اوت سال ۱۶۸۴، کارگر ۲۲۰۰۰، اسب ۶۰۰

در ماه مه سال ۱۶۸۵، کارگر ۳۶۰۰۰

مادام دوسوینیه در سال ۱۶۷۸ گزارش داده است که کارگران روحیهٔ عجیبی داشتند، شب که درمی‌رسید «گاریهای پر از اجساد» را از آنجا دور می‌کردند. چنین روحیه‌ای نتیجهٔ بیخبری آنان از آثار میکروبی بتهای مردابی بود که درنتیجهٔ تسطیح زمینهای گلی و برگردانیدن خاکها فعالتر شده بودند.

لویی چهاردهم در ۶ ماه مه سال ۱۶۸۲ در ورسای استقرار یافت تا کارها سرعت بگیرند. از این‌زمان است که خرده‌گیریهای کلبر از این کارهای عظیم شروع می‌شود و بیهوه می‌کوشد تا از حجم آنها بکاهد. جنگهایی که پیش آمد و نیازهایی که درپی آنها به پول، اعزام کارگران و سربازان به جبهه پدید آمد، کارها را به‌طور قطعی متوقف ساخت با اینکه ساختمانها و کارهای بزرگ دیگر تعطیل شدند، اما لازم بود بخشی از تزیین‌کاریها را که شروع شده بودند، فدا کنند و حتی تقریباً همهٔ زینتهایی را که زرگران برروی ساختمان ایجاد کرده بودند، خراب کردند تا فلزگرانبهای آن‌را به‌دست آورند.

1. Jules Hardouin Mansart

۲. Philippe de Courcillon Dangeau ۱۶۳۸ـ۱۷۲۰ مورخ فرانسوی.

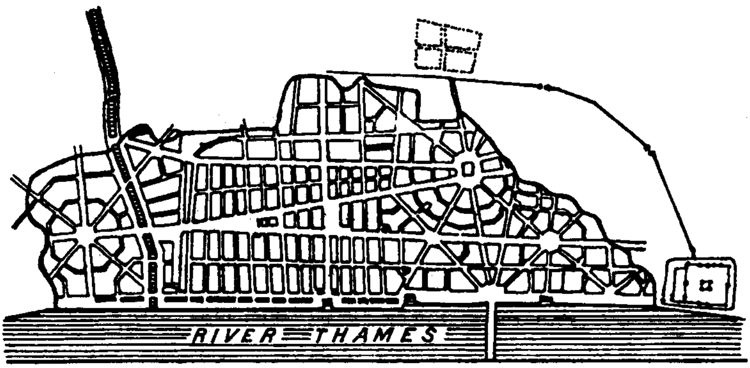
آتش‌سوزی و تجدید ساختمان لندن: ویران شدن بخش بزرگی از شهر لندن درپی آتش‌سوزی، بی‌درنگ مشغلهٔ فکری طرح بازسازی آن را به‌دنبال داشت. این حادثه در سدهٔ هفدهم پدید آمد، و بین ۲ تا ۶ سپتامبر سال ۱۶۶۶، حریق بسیار هراس‌انگیزی بخش بزرگی از لندن (حدود سه پنجم آن) را ویران ساخت. محوطهٔ ویران شده شامل ۱۳۰۰۰ خانه و ۸۷ کلیسا بود. مردم شهر هراسان از این بلای غیر مترقبه، راه فرار درپیش گرفتند و خانه و کاشانه را به لهیبهای آتش سپردند.

همهٔ اروپا از این حادثه تکان خورد، دشمنان انگلستان باور کردند که «یدالله» لندن را ویران کرد؛ اما لویی چهاردهم که در آن زمان با انگلستان در جنگ بود، درحالی‌که اعتقاد راسخ داشت که این بدبختی دشمن، درهای خوشبختی را به‌روی او باز کرده است، همه نوع ابراز شادی و سرور را ممنوع ساخت و می‌گفت این «حادثهٔ شومی است» و دستور داد که مقداری خوراکی و ملزومات برای ساکنان این شهر مصیبت زده فرستاده شود. اما هلندیها رفتار دیگری داشتند، آنها آتش‌سوزی را عذاب الهی تلقی کردند و حیله‌گرانه زمزمه می‌کردند که انگلستان بکلی از بین رفته است.

انگلستان بسیار زود دست به‌کار شد و در مدت زمان کوتاهی لندن بازسازی گردید. در اینجا جا دارد که شمه‌ای از علل آتش‌سوزی، بازسازی لندن و تأثیر شرایط اقتصادی بر روی بافت آن شهر گفته آید.

آتش‌سوزی، که در ابتدا مهم نبود از خانهٔ نانوایی آغاز گشت، اما باد شرقی شدیدی که می‌وزید آن‌را به‌انبار کاهی که در مجاورت خانه بود سرایت داد. جرقه‌ها و شعله‌های آتش عرض کم کوچه‌ها را درنوردیدند و بخصوص در چوبهای به‌کار رفته در ساختمانها، شیروانیها درمی‌گرفتند و در آن تابستان بسیار خشک و گرم، آتش همه چیز را در خود می‌بلعید. در این‌زمان برای فرونشاندن آتش امکانات فراوانی وجود نداشت. وسیلهٔ رساندن آب به‌مقدار زیاد در دست نبود و تنها می‌توانستند آب را از رودخانه‌ها و چشمه‌ها در سطلها دست به‌دست آورده بر روی تیرهای خانه‌ها و شیروانیها و ... بپاشند. تنها روشی که بسیار مؤثر بود خراب کردن خانه‌های اطراف و ایجاد فضای خالی بود. برای این‌کار از قلابهایی که به‌ریسمان یا تیر چوبی متصل بودند، استفاده می‌کردند. این قلابها را به خرپای ساختمان متصل می‌کردند و بقوت می‌کشیدند. جلوخان خانه می‌ریخت و خانه بکلی ویران می‌گشت. آتش که دیگر طعمه‌ای دربرابر خود نداشت، رفته‌رفته می‌مرد.

اما در موقعیتی نظیر لندن، شهردار در ابتدا از اتخاذ تصمیمات اساسی بیم داشت و از اینکه به مالکان یا ساکنان خانه‌ها در مورد تخریب خانه‌هایشان دستوری دهد ابا می‌کرد، درحالی‌که این خانه‌ها در همان روز اول در اثر آتش خراب شدند، و این واقعیتی بود که در ساعتهای اولیه آتش‌سوزی پیش‌بینی آن دشوار بود.



شکل ۲۱۱.طرح آقای رن برای بازسازی لندن.

از سویی دیگر سراسیمگی و اغتشاش عموم را دربرگرفته بود، ساکنان لندن که از آنچه ممکن بود اتفاق افتد، می‌ترسیدند به‌سوی گاریها و دلیجانهایی که کوچه‌ها را بسته بود، روی می‌آوردند تا به رودخانه تمز برسند و قایقها نیز که در ساحل رودخانه پهلوگرفته بودند، مزاحم سازمان دادن برای مبارزه با آتش می‌شدند. تنها پس ازگذشت چهار روز، باد از شدت افتاد و لهیب آتش کوتاه شد و آتش‌سوزی خودبه‌خود متوقف گردید.

اما اصولی که برای بازسازی لندن در نظرگرفته شد مباحثات تندی برانگیخت. در محوطه‌ای بدین گستردگی، که تقریباً با خاک یکسان شده بود و بزحمت یک دیوار یا خانهٔ نیم‌مخروبه‌ای باقی مانده بود، چه کاری امکان داشت؟

نمونهٔ به‌انجام رسانیدن نقشه‌های بزرگ شهرسازی در پاریس، امیدهایی به لندنیها داد. نقشهٔ شهرهایی مانند ویتری‌لو فرانسوا، که الهامبخش متزو در ساختن شارل‌ویل بود، نیز می‌توانست نمونهٔ دیگری برای مردم لندن باشد. آیا نمی‌شد از موقعیت ایجاد سطح وسیع زمین هموار که آتش‌سوزی ایجاد کرده بود، برای پیاده کردن یک نقشهٔ سنجیده استفاده کرد. در مورد نقشهٔ کریستوفر رن[1] که با همین دید تهیه شده بود، بحثهای داغی درگرفت (شکل ۲۱۱).سه نظر با یکدیگر مقابله کردند: نظر آقای رن، و برگشت به نقشه قدیمی برای راضی کردن مالکین زمینها که نمی‌خواستند از آنها خلع مالکیت شود؛ بالاخره نظر سوم که تمایل بیشتری به‌نظر دوم داشت تا اول، توسعهٔ محدودی را همراه با فضای باز و مستقیم کردن خیابانهای فرعی، مطرح می‌ساخت.

طرفداران آقای رن و فرزندان او معتقد بودند که موقعیت برای اینکه لندن تازه‌ای ساخته شود

۱. Cristopher Wren ۱۶۳۲ـ۱۷۲۳ ریاضیدان و معمار انگلیسی.

مناسب نیست و نقشه‌ای بدین گستردگی قربانی خودخواهی و بی‌شعوری ساکنان لندن شده است. راه سوم که مورد تصویب قرار گرفت بازسازی احتمالاً سریعتری را ممکن می‌ساخت.

بررسی شرایط زندگی، سازماندهی و بازرسی کارها جالب است، اما ما تنها به‌نکات اصلی تکنیکی کار می‌پردازیم.

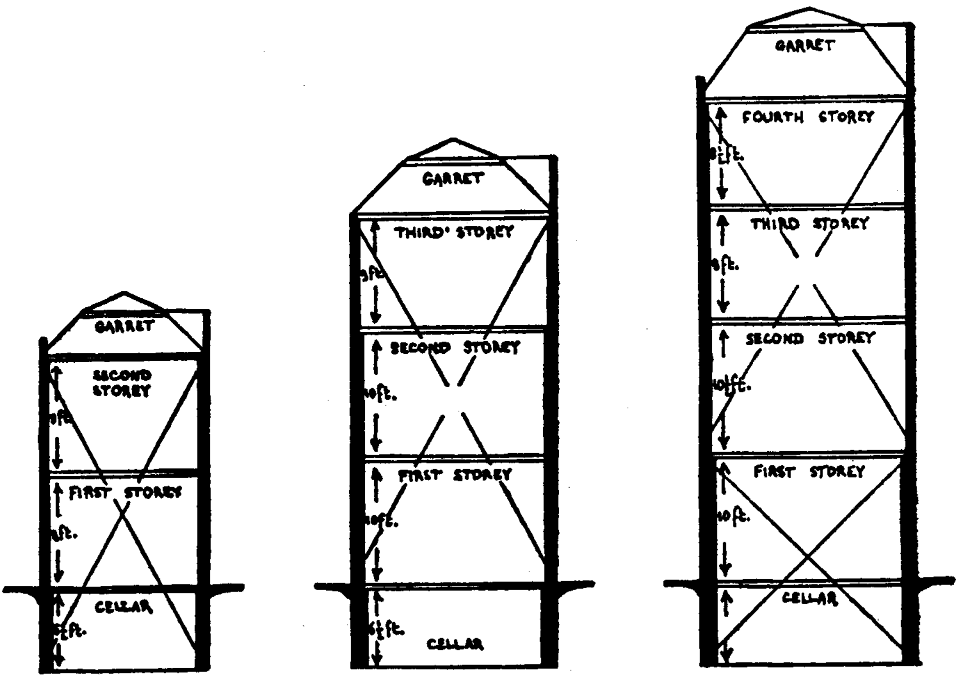
درمورد مصالح ساختمانی. تهیهٔ کارگاههایی چنین وسیع و سرباز بسیار دشوار بود. مصالحی را که از خانه‌های سوخته شده باقی مانده بود، جمع کردند، اما با درنظر داشتن نوع بیشتر خانه‌های قدیمی، این مصالح کافی نبود. چوبها سوخته بودند و خانه‌های گلی چیز به‌دردخوری نداشتند. لازم بود معادن سنگ خود انگلستان باز و استخراج از آنها توسعه یابد. از نزدیکی رودخانهٔ تمز با معدن بزرگ سنگ استفاده شد و برای ساختن مؤسسات ملی مقداری سنگهای نما از طریق دریا وارد کردند. برای بنای خانه‌های معمولی، که لازم بود ترتیباتی برای مبارزه با خطر آتش‌سوزی در آنها پیش‌بینی شود، نیاز به مصالح گرانقیمت وجود نداشت. معماران از امکانات کوره‌های آجرپزی حومهٔ لندن استفاده می‌کردند، این مصالح که استحکام کافی داشتند ارزانتر از سنگ، که هزینهٔ استخراج و حمل آبی آنها بالا بود، به‌دست می‌آمد.

درمورد تکنیک ساختمان باید گفت که از این دوران تنها دیوارهایی از آجر برجای مانده‌اند. مع‌ذلک ردیفی از مقررات که محدود به نمای عمارت نبود، بلکه همهٔ فرمانهای منتشره، هم ملوکانه و هم مصوبات شهردار و نیز فرمان بازسازی لندن را در برمی‌گرفت، می‌بایست رعایت می‌کردند.

فرمان بازسازی بویژه ارتفاع خانه‌ها را برحسب عرض کوچه، و نیز اندازه‌های اصلی و ضخامت دیوارها را شامل می‌شد (شکل ۲۱۲).

همکاری معماران بزرگ،، همچون کریستوفر رن (۱۶۳۲ـ۱۷۲۳)، با دانشمندانی نظیر رابرت هوک (۱۶۳۵ـ۱۷۰۳) که منشی انجمن شاهی بود و کمیسرهای انتصابی از سوی شاه یا انتخابی شهر، چنان سرعتی به‌کار بازسازی بخشید، که جهانیان را شگفت‌زده ساخت. در دویست‌و پنجاه سال بعد که زلزله و آتش‌سوزی توکیو را ویران ساختند، کارشناسان ژاپنی برای یافتن طرحها و نمونه‌هایی جهت نوسازی شهر بزرگ خود در بایگانی شهر لندن به جست‌وجو پرداختند.

خیابانها و ساختمانهای عمومی: شهرنشینی دوران رنسانس تا سدهٔ هفدهم، آن‌طور که دیده‌اند، وابسته به احداث چند راه بزرگ و بخصوص ایجاد مجتمعهای ساختمانی تشکیل‌دهندهٔ چهارسوی میدانهای بزرگ بوده است. اما برای مربوط‌شدن این محلات مسکونی با عقب این میدانها و راههای بزرگ، کوچه‌های قدیمی وجود داشتند و شبکه ارتباطی مردم با یکدیگر همین کوچه‌های تودرتو بود.



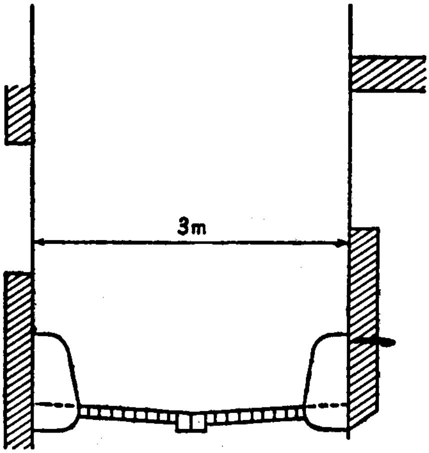
شکل ۲۱۲.مقررات نقشه‌های ساختمانی.

شهرها که در حصاری از خاکریز درهم فشرده شده بودند، برای ایجاد گذرهای عریض و اعطای هوا و نور به این خانه‌های کوچک هیچ زمین آزادی نداشتند. عرض بعضی از کوچه‌ها، آن‌طور که نوشته‌اند، حیرت‌انگیز بود؛ در شهرهایی نظیر جنوا و ونیز ۰٫۷۲ متر، درحالی‌که در دو سوی کوچه‌ها خانه‌های چهار و پنج طبقه ردیف شده بودند.

در پاریس، چند خیابان قدیمی بر جای مانده بودند که در بافت جدید تبدیل به کوچه یا بن‌بست گردیدند، مانند بن‌بست سوردی[1] که می‌توان هنوز آن‌را تغییرنیافته دید. این بن‌بست در سده‌های موردبحث این کتاب خیابانی معمولی بوده است. این خیابان که ۳ متر عرض داشت، خانه‌های ۱ تا ۳ طبقه در دو سوی آن ساخته شده بود. میله‌هایی که برای پیشگیری از آسیب احتمالی محور گاریها به جلوخان نصب کرده بودند، عرض کوچه را از این‌هم کمتر می‌ساخت (شکل ۲۱۳).این میله‌ها در همان زمانها برای سوار شدن بر اسب نیز مورداستفاده قرار می‌گرفتند.

خیابانهایی که فرش شده بودند، از هر دو سوی شیبدار بودند تا آبهای باران و غیره از میان

1. Sourdis



شکل ۲۱۳.بن‌بست سوردی در پاریس.

خیابان بگذرد. چنانچه عابران پیاده از دو سوی مقابل با یکدیگر بر می‌خوردند، ادب اقتضاد می‌کرد طرف خانه‌ها را به عابرین ثروتمند و سرشناس واگذارند تااینکه گرفتارگل‌ولای وسط خیابان نگردند و اصطلاح «سمت بلند خیابان گرفتن» ریشه در چنین موقعیتی دارد. پیاده‌رو وجود نداشت در منطقه پون‌نف در سالهای ۱۵۷۸ـ۱۶۰۴ که بدون توتیک و مغازه بود، ایجاد پیاده‌رو شد تا رهگذران پیاده از آن عبور کنند و از دیدن منظره رودخانه لذت برند. به‌همین علت این محل ویژهٔ گپ‌زدن و نیز نمایش‌دادن قایقرانان شد.

استفاده ازکالسکه تنها در اواسط سدهٔ شانزدهم آغاز شد و با تانی کامل رواج یافت. کالسکه‌ها با زحمت زیاد از این کوچه‌ها می‌گذشتند. می‌دانیم که کالسکه هانری چهارم با چه‌زحمتی از این کوچه‌های تنگ می‌گذشت و محافظان شاه برای اینکه در انتهای کوچه به او بپیوندند، راه خود را منحرف کردند و همین امر به قاتل او، راوایاک[1]، اجازه داد که درحالی‌که یک پای او روی میلهٔ جلوخان و پای دیگرش روی رکاب کالسکه بود که در اثر انسداد کوچه متوقف شده بود، با ضربهٔ مرگباری او را از پای درآورد.

خیابانها وکوچه‌هایی از آن دوران چه در لندن و چه در پاریس باقی مانده‌اند. پس از آتش‌سوزی لندن، اشکالات و موانع رفع ناشدنی در راه اجرای طرح رن، که قرار بود مجموعهٔ سنجیده‌تری برای آمدوشد ایجاد کند وکوچه‌های تنگ پیشین را بازسازی نماید، بروز کردند، معلوم شد که تنها به‌هنگام ساختن شهرهای جدید مانند ورسای، ریشلیو، شارل‌ویل است که نقشهٔ یک مجتمع شهری روی

1. Ravaillac

قطعه زمین بکر اجازه می‌دهد که خیابانهای با قواره، خوب و بهداشتی ساخته شوند.

سنگفرش: کتابهای تاریخ، حتی خلاصه‌ترین آنها نیز حاوی این داستان می‌باشند که چگونه فیلیپ اوگوست در سال ۱۱۸۴ از کاخ خود (سیته) نظاره می‌کرد که ارابه‌ها در گلی بدبوی فرو رفته بودند و چطور او مصمم شد تا بخشی از شهر را مفروش سازد.

نخستین راه سنگفرش شده، خیابان باریوری[1] (بلوار دوپاله[2] کنونی، که بدون تردید عریضتر از گذشته است) بود. فرش این خیابان با سنگهای چهارگوشی انجام گرفت که هر ضلع آنها ۱٫۳۶ متر و قطرشان ۰٫۲۵ متر بود، سنگها را در ساروج می‌نشانیدند. بعدها این سنگهای گران وزن را که حمل‌ونقل آنها بسیار دشوار بود با سنگهایی به اضلاع ۰٫۶۰ × ۰٫۵۰ متر و قطر ۰٫۱۶ تا ۰٫۲۰ متر عوض کردند و سرانجام مکعبهایی کار گذاشتند که در تاریخهای زیر دارای ابعاد معین زیر بودند:

در سال ۱۴۱۵	مکعبهای	۶ تا ۷ اینچ (هر اینچ ۲٫۷ سانتیمتر)
در سال ۱۵۶۷	مکعبهای	۷ تا ۸ اینچ
در سال ۱۷۲۰	مکعبهای	۸ تا ۹ اینچ

اما چنین فرش پر هزینه‌ای، تنها برای خیابانهای مهم تجویز می‌شد و تعداد زیادی از خیابانهای پاریس تا سدهٔ نوزدهم فاقد روکش سختی بودند و تنها خاک روی آنها کوبیده شده بود. در مورد راههای بزرگ مجاور پاریس، که شاه از آنها می‌گذشت، نظیره راه ورسای به مارلی، به سن ژرمن نیز قرار شد سنگفرش گردند تا عاری از گل و گرد و خاک باشند و کالسکه‌ها در آنها نرم حرکت کنند.

زباله و خاکروبه: اگر مایعاتی که از منزلها به بیرون ریخته می‌شد در گودی مرکزی خیابانها جریان می‌یافت و یا وارد گندابرو می‌گشت تا به رودخانه بریزد، در مورد زباله‌ها چنین راه‌حلی وجود نداشت؛ آنها در کوچه‌ها بر روی‌هم انباشته و فاسد می‌شدند و ایجاد بیماریهای همه‌گیر می‌کردند.

ساکنان یک کوچه یا محله برای اجاره‌کردن ارابه‌هایی و بار کردن زباله‌ها و بردن آن به خارج شهر، از صبح زود اجتماع می‌کردند. در سال ۱۵۰۸ برای تمیز نگاهداشتن کوچه‌ها و بردن زباله‌ها، نرخی معین شد.

در ۱۵۳۹ یک فرمان فرانسوای اول مقرر می‌داشت که زباله‌ها را نباید در کوچه‌ها ریخت، بلکه باید آنها را در زنبیلی در بیرون از خانه قرار داد. این فرمان همچنین اندازهٔ ارابه‌هایی که آنها را

1. Barillerie 2. boulevard du Palais

حمل می‌کردند را به ۶ پا طول و ۲ پا ارتفاع معین ساخت. این ارابه‌ها می‌بایست «بخوبی دربسته باشند تا زباله یا فضولات از آنها به بیرون نریزد»، و برای کار آنها نیز ساعاتی مقرر شد. اما شهرهای دیگر تا پایان سدهٔ هجدهم، در مورد زباله و خاکروبه، هیچ نظمی نداشتند.

بدین‌ترتیب مسأله محل انبارکردن زباله‌ها مطرح شد: این انبار باید خارج شهر باشد، اما زیاد هم دور نباشد تا انتقال آنها وقت زیاد بگیرد. چنانچه شهر حصار داشت، آشغالها را نزدیک دروازهٔ شهر انبار می‌کردند. زباله‌دانیهای اطراف شهر بسیار بزرگ بودند و در آنجا بلندیهایی تشکیل می‌شد که هر روز بر قطر آنها افزوده می‌گشت. در سدهٔ چهاردهم بین خیابان فعلی اوپرا و خیابان ریشلیو در اثر انبارکردن خاکروبه‌ها

و زباله‌ها دو تپهٔ مصنوعی به‌وجود آمده بودند. تپهٔ اول در نزدیکی میدانگاهی خیابان و کوچه‌های ترز[1] و پیرامید[2] قرار داشت و آن را تپهٔ سن روش[3] می‌نامیدند که از مخروبه‌ها و آشغالهای مربوط به ساختمان حصار اتین مارسل ایجاد شده بود و محل ریختن خاکروبه شده بود. این تپه زمانی‌که ژاندارک حمله بیحاصل خود را به بندر سن اونوره[4] (حدود ۸ سپتامبر ۱۴۲۹) انجام می‌داد، نقطهٔ اتکای او بود و توپخانهٔ او روی این تپه موضع داشت. خاکروبهٔ کارهای جدید حصار، در سال ۱۵۳۶ به قطر آن افزود. در سدهٔ هفدهم (۱۶۱۵) برای خانه‌سازی به تسطیح آن محل پرداختند، اما در سدهٔ نوزدهم با ایجاد کوچه‌های جدید بکلی از میان رفت.

تپهٔ دوم، مولن[5] که در تقاطع خیابانهای سنت آن[6] و پتی شان[7] قرار داشت، در سال ۱۵۳۶ درپی کارهای ساختمانی که در بالا گزارش کرده‌ایم، به‌وجود آمد. برروی این تپه، آسیابهایی ساخته بودند. در سال ۱۶۸۸، زمانی‌که مقاطعه‌کاران برای ساختن یک محلهٔ جدید (۱۶۶۸ـ۱۶۷۷) به تسطیح آن پرداختند، تپه از میان رفت.

در ساحل چپ رودخانه نیز، خاکروبه‌ها درکار ایجاد کوچهٔ سن گیوم[8]، آخرین شبکه راه مانده از سدهٔ چهاردهم ایجاد مانع کرده بودند و ناچار کوچه، شکل زانو را یافت که بعدها کوچه پرونه[9] را تشکیل داد. برروی این تپه خاکروبه‌ای، که کوچهٔ بوت[10] (= تپه) نام گرفت، آسیابی ساخته شد (۱۵۳۰).

گندابرو: اگر تخلیهٔ فضولات و آخال در شهرهای نسبتاً بزرگ مسأله دشواری بود، گندابها و آبهای باران نیز اشکالی بود که آسان حل نمی‌شد.

شیب طبیعی زمین سبب می‌شد که جوی مرکزی خیابانها فاضلابها را به‌مجرایی که معمولاً یک

1. Thérèse 2. Pyramides 3. Saint-Roch 4. Saint-Honoré 5. Moulins
6. Sainte-Anne 7. Petits-Champs 8. Saint-Guillaume 9. Perronet 10. Butte

شاخه یا رودخانه بود، هدایت کند. بنابراین عموماً از وضع طبیعی و شیبهای زمین برای خارج کردن فاضلابها و آب باران استفاده می‌شد. سده‌های متعددی، آب را با حفر خندق، که گاهی فقط جوی کوچکی بود به شط یا رودخانه می‌رسانیدند. نمونهٔ این‌کار در پاریس، جریان قدیمی منیل‌مونتان[1] است که در سدهٔ شانزدهم تبدیل به گندابرو شد. این جریان از خندقهای تانپل[2] آغاز و به میدان کنونی آلما[3] پایان می‌یابد. در سدهٔ هفدهم شکل آن را منتظم ساختند، اما هنوز حالت خندقی خود را حفظ کرده است. تنها در سدهٔ هجدهم بود که آن را به کانال مفروش با تخته‌سنگ تبدیل کردند و در پایان سدهٔ هجدهم روی آن را پوشانیدند.

از این‌نظر می‌توان در دیژون، تنظیم شط سوزون[4] را نام برد که اوگ سانبین[5] شاگرد میکلانژ آن‌را انجام داده است؛ این کار نخست برای تأمین آب شهر بود. کف آن را سنگفرش کردند و چشمه‌های دیگری بدان اتصال دادند و می‌توانستند آب را از آنجا با تلمبه به‌جای دیگری برسانند. اما در شهر که روی آن را طاق زده بودند، خاکروبه داخل آن ریخته می‌شد. ظاهراً آن را در سالهای ۱۵۱۲، ۱۵۵۹ اوگ سانبین تعمیر کرده است. در سال ۱۵۹۹ مجدداً زباله‌دان شده بود.

تنها در سدهٔ نوزدهم بود که برای بهداشت و سالم سازی تعداد شهر بزرگ طرحهای عاقلانه‌ای پیشنهاد و اجرا شد. در پاریس پیش از هاوسمان[6]، تنها ۱۵۵ کیلومتر گندابرو وجود داشت که هنوز بخشی از آن سرباز و متعفن بود و به سن می‌ریخت.

فقدان جریان، دشواریهای سالم‌سازی شهر تأثیر بسیار بدی در بهداشت دژ ورسای، که فاقد گندابرو بود، داشت. جمع‌شدن خاکروبه‌ها طی ماهها و جریان یافتن ادرار در کوچه‌های تنگ استنشاق هوا را تحمل‌ناپذیر ساخته بود و دربار ناگزیر شد که تابستان در جای دیگری استقرار یابد تا شست‌وشو و تمیزکاریهای لازم را بتوان انجام داد.

1. Ménilmontant 2. Temple 3. Alma 4. Suzon 5. Hugues Sambin
6. Haussmann

کتاب‌شناسی I

BAUDSON (Émile), *Urbanisme au XVII[e] siècle : Clément Métezeau*, Mézières, 1956.
DERTAUX (Émile), *Rome*, Paris, 1924.
DIEHL (Charles), *Venise*, Paris, 1915.
CACCIA (A.), *Costruzione Trasformazione ed Ampliamento delle Città*, Milan, 1915.
GEBHARDT (E.), *Florence*, Paris, 1906.
GUSMAN (P.), *Venise*, Paris, 1913.
PÉRATE (A.), *Versailles*, Paris, 1904.

کتاب‌شناسی II

Poëte (Marcel), *Introduction à l'Urbanisme*, Paris, 1924.
Reddaway (T. F.), *The Rebuilding of London*, Londres, 1940.
Rey (A. A.), Pidoux (J.), Barde (C.), *La science des places des villes*, Paris, Lausanne, s.d.
Rochegude (marquis de) et Dumolin (M.), *Guide à travers le vieux Paris*, Paris, 1923.

۲۱

آبرسانی و شبکه‌های آن

آب که عنصر اساسی موجودات زنده است، از دیرباز فکر بشر را بخود مشغول داشته بود. رومیها در این زمینه آبراههای بسیار مهمی ساخته‌اند و کارهایی از خود برجای گذارده‌اند که چندین سده پس از آنها هم مورداستفاده بوده‌اند. در نخستین مجلد این کتاب: «مبانی تمدن صنعتی» کارهای آنها شرح داده شده‌است، لیکن پیش از آنکه وارد دوران رنسانس و سده‌های شانزدهم و هفدهم شویم که در آنها از شبکه‌های آبرسانی رومیها استفاده می‌شد، بد نیست که به‌کوتاهی، یادی از این شبکه‌ها بکنیم تا چند رقم بامعنی از آنها به‌دست آوریم.

آکدوک‌های رومی: دوران روم از لحاظ تکنیکی دارای وسایلی بود، که ما عین آنها را، بدون اصلاح مهمی در قرون وسطی و دوران رنسانس می‌بینیم: آبرسانی با استفاده از شیب طبیعی زمین و گذرانیدن آب از دره‌ها که مستلزم آکدوک و گاهی سیفون بود و هرجا که ناگزیر بودند که با وسایل مصنوعی آب را بالا آورند از چرخابها، پیچ ارشمیدس، ناعوره و بالاخره تلمبهٔ پیستونی، که اگر اختراع رومیها نبود، لااقل در روم رواج فراوان داشت، استفاده می‌شد.

دربارهٔ آب مورد نیاز شهر بزرگی مانند روم باید گفت که مقدار آن بسیار زیاد بود. حتی اگر

تنها مصرف یک میلیون نفر ساکنان دوران امپراطور آن شهر درنظر گرفته شود.

فرونتینوس که مسؤول کارهای آبرسانی شهر روم در سالهای ۹۶ـ۹۸ میلادی بود می‌گوید که تا حدود سال ۳۱۲ پیش از میلاد، آب رودخانهٔ تیبر و چاهها و چشمه‌های اطراف برای شهر روم کافی بودند، اما با ازدیاد جمعیت، آب تیبر آلوده گشت و چاهها و چشمه‌ها کفاف مصرف را نمی‌دادند. لازم آمد که برای رسانیدن آب از تپه‌های اطراف، که آب فراوان داشتند، آکدوک‌هایی ساخته شود.

حدود سال ۹۷ میلادی، نزدیک به ۴۰۰ کیلومتر آکدوک روزانه بین ۳۵۰۰۰ تا ۹۵۰۰۰۰ مترمکعب آب وارد می‌کردند، از این مقدار آب، ۰٫۳ آن در بیرون شهر و ۰٫۷ بقیه در خود روم مصرف می‌شد. برای جمعیتی که می‌گویند یک میلیون بوده است، سرانهٔ آب در هر روز ۵۸۰ تا ۶۵۰ لیتر بوده است. این رقم، بزرگ می‌نماید، اما در خشکسالیها و مواقعی که آکدوک‌ها را تعمیر می‌کردند، که زیاد هم اتفاق می‌افتاد، مقدار آن کمتر می‌شد. نگاهداری آکدوک‌ها نیروی کاری برابر ۲۵۰ تا ۴۵۰ نفر لازم داشت. وانگهی چشمه‌های متعددی هم آب را در دسترس رومیان قرار می‌دادند که بخش بزرگی از آن آبها هرز می‌رفت. از مقدار آبی که در شهر توزیع می‌شد، ۱۷٪ «به نام قیصر» مصرف می‌شد و ۴۴٪ را تأسیسات ملی (اردوگاههای ارتشی، ساختمانهای عمومی، تئاترهای ملی و ۵۹۱ منبع آب) مصرف می‌کردند.

بنابراین مصرف آب، باز هم به‌کمک آکدوک‌های جدیدی که در سده‌های دوم و سوم میلادی و آخرین آنها در سدهٔ پنجم ساخته شدند، افزایش یافت.

احیای روم در آستانهٔ رنسانس: خرابکاری مهاجمین وحشی، مقدار آبی را که به شهر وارد می‌شد به صفر رسانید، اما تعداد ساکنان شهر روم هم به‌حداقل رسیدند. زمانی‌که پاپها خواستند روم را بسازند، نخستین دغدغهٔ آنها احیای آکدوک‌های قدیم بود که با آبی که به شهر می‌رسانیدند زندگی، سلامت و مناظر شادیبخش ویلاها و باغها را بیمه می‌کردند.

تنها آکدوکی که در دوران رنسانس در روم فعال بود آکدوک ویرگو[1] بود که نیکولاوس پنجم آن را احیا کرد. سیکستوس چهارم آکدوک مارتیا[2] و نیز آکدوک کلودیا[3] را که آن را به نام فلیچه[4] تعمید نمود بازسازی کرد. در مدخل بورگو فلیچه، آب زلال و گوارایی از تپه‌های آلبان[5] می‌آمد و به‌منبعی که فونتانا ساخته بود، می‌ریخت. این منبع را سیکستوس پنجم با شمایل بزرگی از موسی، کار پروسپرو براسیانو[6]، که کاریکاتوری از تابلوی موسی میکلانژ بود، تزیین کرد. در این محلهٔ جدید به همت سیکستوس پنجم و در بقیهٔ شهر، آب از ۲۷ منبع به‌دست می‌آمد.

1. Virgo 2. Martia 3. Claudia 4. Felice 5. Alban 6. P. Brasciano

در سدهٔ هفدهم پس از آکدوک کلودیا، آکدوک‌های دیگر تعمیر شدند: آکدوک ترایان را پاولوس پنجم فعال ساخت و آب را به قله یانیکولوم[1] در منبع آکواپائولا[2] رساند. تعدادی از منابع آب با اشکال خاص در آن زمان تا حدی نقش تزیینی میدانهای بزرگ را داشته‌اند و زیبایی آنها هنوز تحسین‌برانگیز است.

ویلاها که تعداد آنها از سدهٔ شانزدهم روبه فزونی داشت، شهر را در حصاری سبز، باغهایی که فواره‌ها با رشحات آب خود آنها را پر طراوت ساخته بودند، در خود گرفته بودند. در ربع پایانی سدهٔ هفدهم، یک مهندس فرانسوی «این بهشتهای واقعی روی زمین و محلهای پر طراوت» را تحسین می‌کند.

تلمبه‌ها: شهرهای زیادی در وضعیتی نبودند که بتوانند آب را از مسافتی با استفاده از شیب زمین به‌دست آورند، آنها ناگزیر آب را با به‌اصطلاح تلمبه کردن از چاه یا رودخانه به‌دست می‌آوردند.

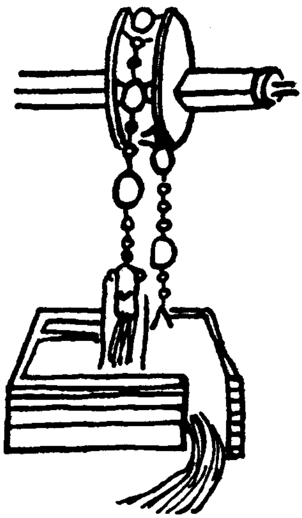
تلمبه‌هایی که رومیها به‌کار می‌بردند در دوران رنسانس و سده‌های پس از آن رواج کامل داشتند. آگریکولا در کتاب *De Re Metallica* (۱۵۴۱) خود چندین نوع تلمبه را بدقت شرح می‌دهد، این تلمبه‌ها با دست، با اسبگرد و یا با چرخاب (درجایی‌که جریان آب سرعت کافی داشت یا در بالای یک آبشار) عمل می‌کردند. علاوه‌بر تلمبه‌های پیستونی، آگریکولا تلمبه‌ای را شرح می‌دهد که دارای گلوله‌های چرمی مخلوط با موی اسب است. یک زنجیر بی‌انتها که حامل گلوله‌های چرمی است در لوله می‌گردد (شکل ۲۱۴)، لوله چوبی است که حلقه‌هایی از آهن دارد. این وسیله تا روزگار ما با شکلی مشابه برای تلمبه‌های خانگی یا آب دادن جالیزها به‌کار می‌رفت.

آگریکولا طرزکار ناعوره‌ای را هم که با دسته‌ای و با تغییر دور ۱/۳۶ می‌گردد شرح می‌دهد. طبلکهای آن که قلاب دارند، زنجیری را می‌گردانند که سطلهای ۱/۵ لیتری بوسیلهٔ تسمه‌های چرمی بدان متصل شده‌اند. این دستگاه را از ویتروویوس الهام گرفته بود. آگریکولا از موتورهای قویتری نام می‌برد که بوسیلهٔ نیروی آب کار می‌کنند و به سطلهای بزرگتری مجهز شده‌اند.

آقای ژان اراردو بوالودوک در کتاب نخست خود: *Instruments mécaniques et mathematiques* (۱۵۸۴) تلمبه‌هایی را شرح می‌دهد که مشابه تلمبه‌های پیش گفته می‌باشند، اما کارکردن آنها وابسته به چرخابی بود که از فاصله و به‌کمک میلهٔ سختی که بر روی چند اهرم قرار داشت، عمل می‌کرد (شکل ۲۱۵)، و یا بوسیلهٔ یک آسیای بادی، که همان دستگاهی است که در هلند رواج بسیار داشت.

سرانجام می‌توان گفت که آقای راملی درکتاب خود *Dell' Artificiose Machine* که در

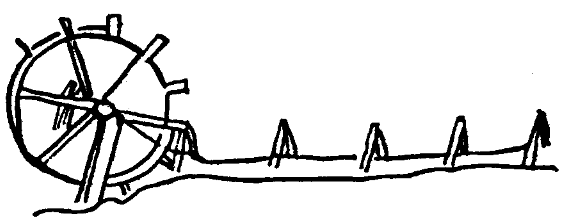
1. Ianiculum 2. aqua Paola



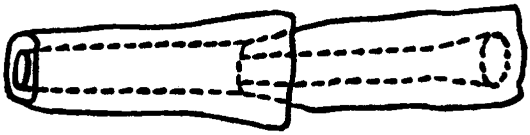
شکل ۲۱۴.تلمبهٔ زنجیری با گلوله‌های چرمی (آگریکولا، ۱۵۴۱).

سال ۱۵۸۸ انتشار یافت، طرحی از یک نوع تلمبه با گردندهٔ خارج از مرکز و پره‌های لغزنده را داده است. اگر حالت بسیار ابتدایی وسایل تولید را در آن زمان درنظر بگیریم، می‌توان گفت که این تلمبه چیز بدردخوری نبود. اما ذکر این نکته جالب است که اصول کار این تلمبه گردان، که بعدها رواج یافت در اواخر سدهٔ شانزدهم شناخته شده بود.

شبکهٔ لوله‌کشی: آکدوک در اقع نهر کوچکی بود و کانال می‌بایست کاملاً آب‌بندی شده باشد. رومیها با ترکیب آسترها و سیمانها که از مخلوط آهک و مواد دیگری نظیر انواع پوتتسولان تهیه می‌شدند کاملاً آشنا بودند؛ با این مواد سختی و استحکامی در ردیف سیمانهای مصنوعی کنونی داشتند.



شکل ۲۱۵.چرخاب و انتقال حرکت با فاصله (۱۵۸۴).



شکل ۲۱۶.لوله‌هایی از گل پخته (تنبوشه).

در مورد در زیر خاک گذاردن لوله‌ها باید گفت که این روش چندان رواج نداشت، اما دشوارتر بود. این کار چند هزار سال پیش با مقاطع درخوری از لوله‌های سفالین ابداع شده بود. نمونه‌هایی از این لوُله‌ها، متعلق به یونان یافت شده است که طول آنها بین ۴۵ تا ۶۰ و حتی ۷۰ سانتیمتر و دهانهٔ آنها ۱۵ تا ۲۰ و ضخامت جدار آنها بستگی به قطر دهانهٔ آنها دارد و از ۱ تا ۱/۵ سانتیمتر تغییر می‌کند.

رومیها هم از تنبوشه و هم از لوله‌های سربی استفاده می‌کردند. ویترووِیوس آنها را چنین وصف کرده است؛ «اگر شما لوله‌های ارزان قیمتی برای آبرسانی بخواهید؛ می‌توانید از لوله‌های سفالین (تنبوشه) استفاده کنید که ضخامت جدار آنها حداقل ۱۲ انگشت (۳۷/۳ میلیمتر) است و یک سر آن تنگتر تا بتوان آن را در ته دیگری جای داد. دو سر این تنبوشه‌ها، با آهکی که در روغن حل می‌کنند آب‌بندی می‌شود.»

«. . . تنبوشه‌ها این مزیت را دارند که تعمیر آنها در موارد لزوم آسان است و آب آنها خوشگوارتر از لوله‌های سربی است که در آنها سفیداب شیخ تشکیل می‌شود که می‌گویند برای انسان خطر بسیار دارد. . .».

لولهٔ رومیها یا روی چرخ کوزه‌گری یا روی میله‌ای کمی مخروطی، ساخته می‌شد. روش اخیر، که بسیار ابتدایی بود در قرون وسطی هم رواج داشت. داخل این لوله‌ها بسیار منظم و صاف بود، اما بیرون آن نامنظم بود، زیرا خمیر آن با دست تهیه می‌شد. سر لوله‌ای که می‌بایست ته لولهٔ دیگر در آن وارد شود، با وسیله‌ای کمی گشادتر از ته آن می‌شد. (شکل ۲۱۶). لوله‌هایی چرخ ساخت، منظمتر بودند. در این‌باره باید به‌خاطر آورد که چرخهای کوزه‌گری زمان باستان با دست و چرخهای سدهٔ شانزدهم با پا می‌گشتند، و این امر دستها را آزاد می‌ساخت و محصول آن منظمتر می‌شد.

لوله‌های سربی در قرون وسطی و دوران رنسانس هم مثل دوران رومیها ساخته می‌شدند، یعنی ورقه‌های سرب را روی میله خم می‌کردند و دو لب آنها را به یکدیگر جوش می‌دادند. لوله‌های رومی را با ریختن سرب مذاب روی شکاف دولبه، جوش می‌دادند، اما بعدها لبه‌ها را با پخت و با

هویه و قلع لحیم می‌کردند.

این روشها در سدهٔ هفدهم هم رواج داشتند، اتصال لوله‌ها با ریخته‌گری یک بوشن سربی یا لحیم‌کردن دو سر لوله با قلع و سپس تقه‌کاری و صاف‌کردن محل لحیم با چکش انجام می‌گرفت. نمونه‌هایی از این نوع لوله‌ها متعلق به سدهٔ هفدهم با قطرهای بسیار گوناگون از ۴ تا ۱۷ سانتیمتر یافت شده‌اند. لوله‌هایی که با قلع لحیم شده‌اند و مربوط به سدهٔ هفدهم می‌باشند، ترکیب قلع آنها چنین است:

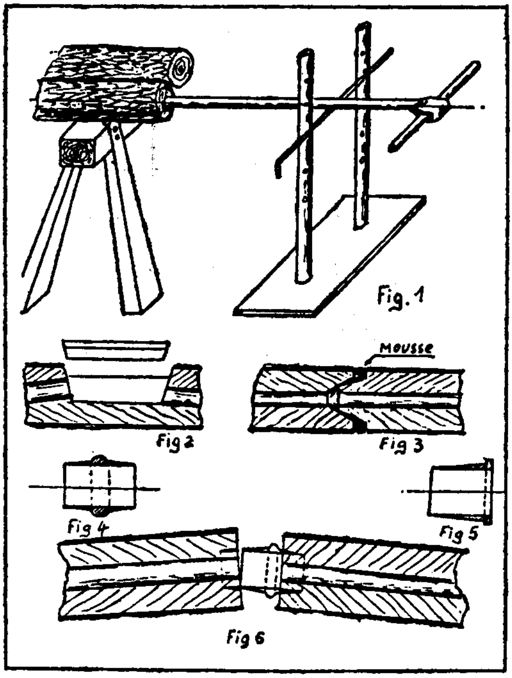
سرب	٪۶۲/۵ ـ ٪۵۵/۵
قلع	٪۳۷/۵ ـ ٪۴۴/۵

لوله‌های چدنی: هنگامی‌که در سدهٔ شانزدهم کورهٔ بلند (با سوخت زغال‌چوب) با کار منظم رایج شد، چدن مذاب بسیار روانی به‌دست آمد که با آن می‌توانستند قطعاتی با جدار نازک تهیه کنند، این امر ریخته‌گری لوله‌های چدنی را ممکن ساخت. معذلک پیش از سدهٔ هفدهم لوله‌های چدنی بندرت به‌کار رفته‌اند. به گفته آقای بلیدور نخستین لوله‌های چدنی فرانسوی تاریخ ۱۶۷۲ را با خود دارند. در سدهٔ پانزدهم از این لوله‌ها، با جدار ضخیم و اتصال مخروطی در آلمان به‌کار می‌رفت. یالهای طولی در سطح بیرونی این لوله‌ها، محل اتصال دو درجهٔ ریخته‌گری را بخوبی نشان می‌دهند و معلوم می‌کنند که به‌طور افقی ریخته شده‌اند.

لوله‌هایی از این نوع با دهانهٔ چهار سانتیمتر و ۱۴ میلیمتر ضخامت جدار آن، در سالهای ۱۶۶۱ تا ۱۸۷۵ برای آبرسانی تحت فشار ۱۰ اتمسفر به‌کار می‌رفتند. لوله‌هایی با دهانه‌های ۵ و ۱۱/۵ و ۱۴/۵ سانتیمتر و طول ۱/۷۵ متر متعلق به همین دوره یافت شده‌اند که همهٔ آنها به‌شیوهٔ مخروطی اتصال می‌یافتند. در لوله‌کشیهای ورسای درگذشته، تنها از این نوع لوله‌ها به‌کار رفته‌اند.

لوله‌های چوبی: در پایتختها و شهرهای بزرگ، لوله‌های اصلی آبرسانی را معمولاً از سرب یا ازگل پخته و بعدها از مصالح بنّایی و بالاخره از چدن می‌ساختند؛ اما کاربرد لوله‌های چوبی، نادر و حتی استثنایی بود. ولیکن در سده‌های پانزدهم تا هفدهم در شهرهای کوچک یا مؤسسات از لوله‌های چوبی استفادهٔ فراوان شده است، زیرا هم ارزانتر تمام می‌شد و هم یک صنعتگر می‌توانست در محل آن را بسازد.

برای ساختن این نوع لوله‌ها معمولاً تنه‌های قوی درختان را، با پوست و بی‌پوست، خالی می‌کردند؛ لوله‌های با پوست عمر زیادتری داشتند زیرا پوست، آنها را حفظ می‌کرد. درختانی که بدین‌منظور مورداستفاده قرار می‌گرفتند، درختان بلوط یا نارون و یا درختانی که چوبهای نرم داشتند، مانند: توسه یا رازدار. سوراخکاری درختان به‌شکل ابتدایی و با دست انجام می‌گرفت. برای این

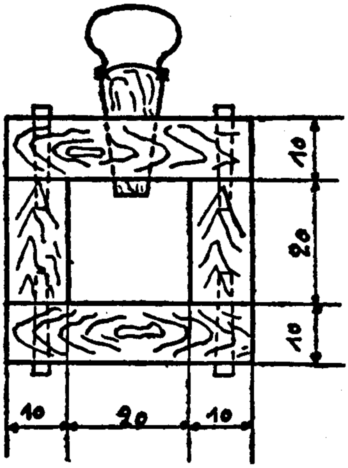


شکل ۲۱۷.طرز تولید لوله‌های چوبی.

کار از مته‌های دستی استفاده می‌شد که تیغ آنها را بتدریج بزرگتر می‌گرفتند. در پایان کار، تیغ متهٔ قاشقی نیمگرد به‌کار می‌بردند و دهانه را به‌قطر دلخواه گشاد می‌کردند. مته‌هایی که به‌کار گرفته می‌شدند کوتاه بودند و این امر سبب شد که با دو دست آن را بگردانند (شکل ۲۱۷ ـ ۱).

برای اتصال لوله‌های چوبی، دوسر دو لوله‌ای را که می‌بایست به‌یکدیگر متصل شوند به‌شکل کاس و کوژ درمی‌آوردند (شکلهای ۲۱۷ ـ ۳ و ۵)، یا اینکه با مغزیهای دو مخروطی به یکدیگر اتصال داده می‌شدند (شکلهای ۲۱۷ ـ ۴ و ۶). برای اینکه از آب‌بندی محل اتصال اطمینان حاصل شود، آن محل را با خزه یا الیاف کنف می‌بستند. گاهی نیز از بطانه‌ای که از مخلوط دنبهٔ گوسفند و خاک آجر تهیه می‌شد، برای آب‌بندی استفاده می‌کردند. اگر به سوراخ یا ترکی در چوب برخورد می‌شد، برای بستن آنها، گوه‌هایی از چوب را که دور آنها الیاف کنف پیچیده شده بود و با بطانهٔ مزبور آغشته کرده بودند، به‌کار می‌گرفتند (شکل ۲۱۷ ـ ۲).

لوله‌های چوبی برای آبرسانیهای عمده مناسب نبودند، زیرا دهانهٔ آنها کوچک بود. برای کارهایی از این قبیل، تنهٔ درخت را به‌شکل کانالی می‌کندند، سپس این کانال را با تخته‌هایی که با میخهای



شکل ۲۱۸.کانال‌سازی با تنه درخت.

چوبی در لبه‌ها پیچ می‌شد، می‌پوشانیدند. معلوم است که چنین مجرایی از نظر آب‌بندی اشکال زیادی دارد و قطعاتی از این کانالها که با تخته‌های چهارگوش چفت شده‌اند، یافت شده است (شکل ۲۱۸).

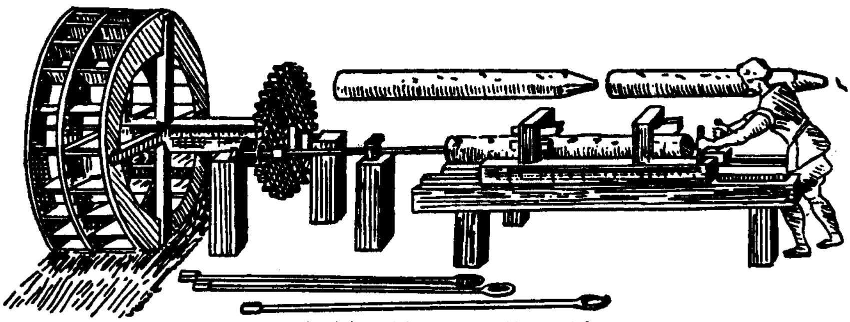
سوراخ‌کردن لوله‌ها با دست طول می‌کشید و نیاز به کارگر زیاد داشت. برطبق نوشته آنسیکلوپدی، یک کارگر می‌توانست در هر روز ۱۱٫۷ متر چوب نارون یا توسه را با دهانهٔ ۲ اینچ مته‌کاری کند و در مورد تنه بلوط از ۲ متر تجاوز نمی‌کرد.

آیا آنها می‌توانستند این کار را ماشینی کنند؟ در شکل ۲۱۹ یک مته ماشینی لوله دیده می‌شود که با نیروی هیدرولیک عمل می‌کند. قطعه‌ای را که باید مته کرد، روی کشوهایی به پیش می‌راندند و مته آن را سوراخ می‌کرد، برای اینکه مته خم نشود، پایه‌هایی برای آن درنظر گرفته می‌شد. آقای پریه[1] در پایان سدهٔ هجدهم هنوز از این نوع دستگاه می‌ساخت.

برای اینکه بر روی چنین لوله‌هایی انشعابهایی اضافه کنند، تنها لازم بود سوراخی در لوله ایجاد شود و یک لولهٔ سربی را، که ته آن یک تبدیل مخروطی مفرغی دارد، در این‌سوراخ فرو برد.

گرچه ساختن لوله‌های چوبی آسان است، اما دارای معایب بزرگ پوسیده شدن سریع و عدم تحمل فشارهای نسبتاً قوی می‌باشند. سهولتی که در کار انشعاب دادن این نوع خط لوله وجود دارد، سبب شد که بعضی از ساکنان ساحل رودخانه، گاهی مخفیانه به این لوله‌ها انشعاب بزنند. این لوله‌ها که با فواصل سوراخ شده و انشعاب یافته بودند، در انتهای خود بده کمی داشتند و گاهی

1. Périer



شکل ۲۱۹.ماشین مته‌کاری لوله‌های چوبی.

اساساً بی‌آب بودند.

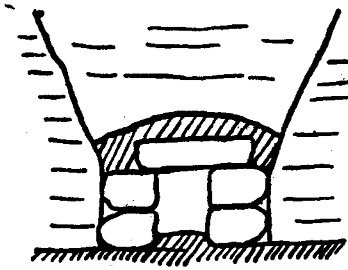
اندازه‌گیری مقدار آب: رومیها برای اندازه‌گیری آب از کینارها[1]، واحدهایی از مقدار آبی که یک حوض عمومی در مقاطع مختلف دارد، استفاده می‌کردند. در منطقه لیژ همان روش اندازه‌گیری که کسانسیون[2] نام داشت به‌کار می‌رفت. براساس این روش، مقدار آبی از روزنی به قطر یک‌چهارم اینچ (اینچ لیژ کمی بیشتر از ۸ میلیمتر است)، با فشاری حدود ۱۵ سانتیمتر خارج می‌شد که می‌توانست در هر دقیقه ۵ لیتر، یا در ۲۴ ساعت ۷۲۰۰ لیتر آب بدهد.

در جاهای دیگر، بویژه در پاریس، اندازه‌گیری کمتر دقیق بود. بده شیرها «به اندازهٔ یک نخود، یک دهانهٔ ماش یا نوک فلزی واکسیل بند» حساب می‌شد. اندازه‌های غیردقیق، که گاهی با حلقه‌ای با قطر مقرر آن را کنترل می‌کردند، سبب اطمینان مشتری بود. در اواخر سدهٔ شانزدهم، قطر را با اینچ و خط معین می‌کردند و واحد «اینچ میرابی»[3] که سوراخی به مساحت یک اینچ مربع است، در همین‌جا ریشه دارد.

از سال ۱۶۲۶ آبرسانی و ساختن منابع آب در پاریس شروع شد و گیرندگان انشعاب می‌بایست مراجعه می‌کردند، این شبکه‌بندی فشار آب را در لوله‌های دارندگان انشعاب یکسان می‌کرد. در این شرایط، مقدار آب یک اینچ میرابی در هر روز برابر ۱۹۳۴۴ لیتر بود.

آب پاریس: در دوران رومیها، لوتتسیا[4] (نام رومی پاریس) دو مجرای آب داشت: یک مجرا از شایو[5] (سدهٔ سوم میلادی) بود که با تنبوشه ساخته شده، و هر روز مقدار ۵۰۰ مترمکعب آب را از پاسی[6] به حوضچه‌هایی که در پاله روایال کنونی قرار داشتند، می‌ریخت؛ دیگری آکدوک آرکوی[7] (سدهٔ چهارم) بود که از راه مجرایی بتونی با طول ۱۶ کیلومتر، به‌طور سرباز هر روز ۱۷۰۰ مترمکعب

1. quinarii 2. xhancion 3. le pouce fontainier 4. Lutetia 5. Chaillot 6. Passy
7. Arcueil



شکل ۲۲۰.اخذ آب (از سوراخ سنگی).

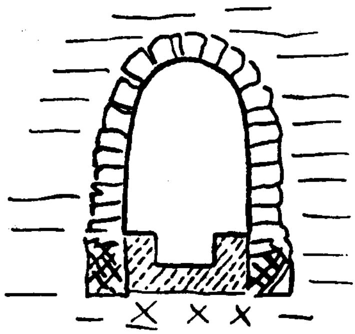
آب از چشمه‌های رونژی[1] به شهر می‌رسانید. این مجرا با بتون بسیار قوی از «آهک، سنگ چخماق و ریگ» ساخته شده بود. سطح داخلی آن با روکش آب‌ناپذیری از دو لایهٔ سیمان (زبره برای لایهٔ اول و نرمه برای لایهٔ دوم) پوشانیده شده بود.

بنابراین لوتتسیا در هر روز ۲۲۰۰ مترمکعب آب داشت. این دو آبراه در زمان محاصرهٔ پاریس بوسیلهٔ نورمنها ویران شدند. پیش از سدهٔ دهم کشیشهای سن‌لوران[2] و سن ـ مارتن ـ د ـ شان[3] دست به‌کار ساختن آکدوک‌هایی از پره‌سن ژروه و بل‌ویل شدند که آب را از چشمه‌ها می‌گرفتند. این اخذ آب از راه سوراخ تنگی انجام می‌گرفت که با سنگهای کوچک بدون ساروج ایجاد کرده بودند (شکل ۲۲۰). این‌سوراخ روی لایه آب‌ناپذیری از خاک رس بود که آب از روی آن جریان داشت. آب که از میان سنگها گذشته بود در این مجرای تنگ جریان می‌یافت. مجرای مزبور را با سنگ، فرش کرده و روی آن را با لایهٔ آب‌ناپذیری از گل رس پوشانیده بودند تا آب به زیر مجرا نفوذ نکند. آب در حوضچه‌ای در پره‌سن ژروه جمع می‌شد و لوله‌کشی ده کیلومتری از آنجا آغاز می‌گشت. این لوله‌کشی که نخست تنبوشه‌ای بود بعدها با لوله‌های سربی با دهانهٔ ۱۳/۵ سانتیمتری تعویض گردید.

آکدوک بل‌ویل با هفت کیلومتر طول، از اولی بزرگتر بود. این آکدوک، مجرای سرپوشیده‌ای با عرض ۱/۲۰ و ارتفاع ۱/۸۰ متر بود.

این دو آکدوک پاریس را تا سدهٔ شانزدهم با مقدار ناکافی آب مشروب می‌ساختند. آنها بر روی هم در هر روز فقط ۳۵۰ مترمکعب آب به پاریس می‌رسانیدند که در فصول بسیار خشک به ۲۰۰ متر کاهش می‌یافت. در پایان قرون وسطی این آب به مخازن عمومی وارد می‌شد که مردم و سقاها بدانجا مراجعه می‌کردند.

1. Rungis 2. Saint-Laurent 3. Saint-Martin-des-Champs



شکل ۲۲۱. آکدوک آرکوی.

برای ۲۰۰۰۰۰ ساکنان پاریس در قرون وسطی، سرانهٔ آب در هر روز یک تا دو لیتر بود، اما باید درنظر داشت که علاوه‌بر مقادیر بالا، چاههای متعددی در پاریس، باعث رفع تشنگی مردم می‌شدند.

هانری چهارم در ۱۵۹۸ دستور داد که با انشعابی از آکدوک پره سن ژروه در پاله دو ژوستیس[1] (کاخ دادگستری) یک منبع آب ساخته شود. او بویژه می‌کوشید تا از تعداد انشعابهای افراد، که با وجود فرمان مورخ ۱۳۹۲ شارل ششم چند برابر شده بود، کاسته شود.

در آغاز سدهٔ هفدهم، کاخهای لوور و تویلری نیمی از آب دوآکدوک را می‌گرفتند. برای مشروب کردن کاخ لوگزامبورگ و محله‌های مجاور آن، ماری دومدیسی[2] آکدوک رومی آرکوی را احیا کرد. این مجرای بتونی ۳۵ سانتیمتر عرض و ۶۰ سانتیمتر ارتفاع داشت و در تونلی با پهنای ۹۷ سانتیمتر و ارتفاع ۱۷۵ سانتیمتر می‌گذشت (شکل ۲۲۱). این مجرای قدیمی برای رسانیدن ۵۷۰ مترمکعب آب در هر روز از رونژی کافی بود.

در سالهای ۱۶۰۳ـ۱۶۰۸ هانری چهارم تلمبه‌خانه سامارتین[3] را ساخت که هر روز ۷۰۰ متر مکعب آب رودخانهٔ سن را به لوور و تویلری می‌راند. این آب به چند منبع آب خصوصی و عمومی می‌ریخت. در سدهٔ چهاردهم فقط صومعه‌ها، پاله رواپال و شش منبع آب عمومی از آن استفاده می‌کردند. در سال ۱۵۰۰ در پاریس ۱۲ منبع آب بود که ۵ منبع بیرون از حصار پاریس قرار داشتند. علاوه‌بر اینها ۱۹ خانه اعیانی و مؤسسات مذهبی از رجحانهایی برخوردار بودند. در آغاز

1. Palais de Justice

۲. Marie de Medicis ۱۵۷۳ـ۱۶۴۲ دختر فرانچسکو دومدیسی، در سال ۱۶۰۰ زوجهٔ هانری چهارم شد و پس از قتل او نایب‌السلطنهٔ پسرش لویی سیزدهم شد.

3. Samaritaine

سدهٔ هفدهم تعداد منبعهای اصلی به ۲۲ و منبعهای فرعی به ۴۰ عدد رسیدند. از این لحاظ لزوم تأسیس تلمبه‌خانه، از جمله تلمبه‌خانهٔ سامارتین در زمان هانری چهارم و نیز تلمبه‌خانهٔ پل‌نتردام در سال ۱۶۷۰ درک می‌شود.

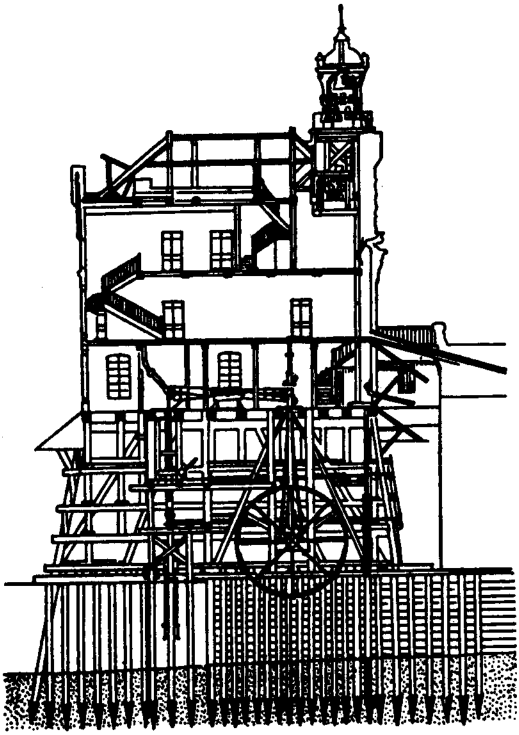
سامارتین در سال ۱۶۰۸ به ۳۵۰ مترمکعب آب آکدوک‌ها، ۷۰۰ مترمکعب آب افزود. در سال ۱۶۲۳ احیای آکدوک آرکوی، حجم آب در دسترس پاریس را به ۱۵۰۰ مترمکعب بالغ گردانید و در سال ۱۶۷۰ تلمبه‌خانه پل‌نتردام ۲۰۰۰ مترمکعب به‌مقدار آب اضافه کرد، اما این آکدوک‌ها که در شرایط بدی بودند در این زمان تقریباً آبی به پاریس نمی‌رسانیدند.

در سدهٔ هفدهم در شبکه آبرسانی پاریس، تلمبه‌خانه‌ها نقش درجه اولی داشتند. آنها قادر بودند حداکثر ۲۷۰۰ مترمکعب آب رودخانه سن را تلمبه کنند. درواقع برای ۵۰۰۰۰۰ ساکنان این شهر، بدون احتساب آب مصرفی کاخها، در روز، سرانه حداکثر سه لیتر آب مصرف می‌شد.

تلمبه‌ها: بدین‌ترتیب دیده می‌شود که در سدهٔ هفدهم در امر مشروب‌سازی شهر پاریس، تلمبه‌خانه‌ها نقش درجهٔ اولی داشتند. دو تلمبه‌خانهٔ سامارتین و پل‌نتردام مشابه هم بودند (شکل ۲۲۲). تلمبه‌خانهٔ سامارتین با جریان رودخانه و به‌کمک چرخی که ۵٫۲۰ متر قطر داشت با هشت پره ۵٫۸۵ × ۱٫۳۰ متری کار می‌کرد. در دو سر محور این چرخ، یک دستهٔ ۵۷ سانتیمتری، لنگی را که روی شاتونهای ۶٫۵۰ متری عمل می‌کرد، می‌گردانید. این مجموعه دو تلمبه شناور را که ۲۴ سانتیمتر قطر و ۹۷ سانتیمتر طول رفت آنها بود، فعال می‌کردند. آب که در یک لولهٔ ۱۶ سانتیمتری تحت فشار قرار می‌گرفت، بالا آمده وارد منبعی می‌شد که در ۲۳ متری بالای تلمبه‌ها قرار داشت و از آنجا به لوله‌ها می‌ریخت.

چرخ حرکت‌دهندهٔ دستگاه را بوسیلهٔ جکها می‌شد بالا آورد تا به سطح مناسبی که بستگی به تغییرات سطح آب رودخانه سن داشت، بالا آید؛ برای این کار طول شاتونها را که لنگها را به اهرمها اتصال می‌داد، تغییر می‌دادند.

تأمین آب شهرهای متوسط، رن: چون مشروب‌سازی شهرهای بزرگی نظیر پاریس کار دشواری بود، شاه که در آنجا مستقر شده بود، لازم می‌دانست در این امر اقداماتی را به‌انجام رساند. در شهرهای متوسط و کوچک هم این مشکل بسختی حل می‌شد؛ زیرا وسیلهٔ کار در دسترس آنها بسیار ناکافی بود. بررسی کارهای مختلفی که برای مشروب‌سازی چند شهر متوسط انجام گرفته، بسیار جالب است و ما به مثالی بسنده می‌کنیم و آن، شهر رن است. آبرسانی شهر رن، دشواریهای مخصوص چنین اقداماتی و نیز نارساناییهای آن را آشکار می‌سازد.



شکل ۲۲۲. تلمبه‌خانهٔ ساماریتن.

به‌یاد داشته باشیم که شهر بر روی یک بلندی قرار داشت که از جانب شمال غربی شاخابهای رودخانهٔ کوچک ایل آن را محدود می‌ساخت، در جنوب آن مراتع باتلاقی قرار داشتند که ویلن را دور می‌زدند. این شهر که با دره‌هایی از ارتفاعات مجاور جدا می‌شد، تنها دارای آبهایی بود که در زمینهای گود جمع می‌شدند. خاک شیستی و آب‌ناپذیر آن، آبهای باران را که کم‌وبیش با فاضلاب شهر آلوده می‌شد، در ناهمواریهایی جمع می‌کرد.

در سال ۱۴۴۳ فکر می‌کردند که آب آشامیدنی را از مسافتی دور به شهر برسانند. در آن سوی روستای سن گرگوار[1]، واقع در شمال حدود ۲۸۰۰ تواز دورتر، چشمه‌هایی از مناطق متفاوت جغرافیایی بیرون می‌جوشید و حوضچه‌ای از صدفهای آهکی کنار دریا، آبی را که از آنجا بیرون می‌آمد، همان‌جا تصفیه می‌کرد. یک چشمه با آب خوشگوار و فراوان به نام بلانشار[2] کشف شد که قرار شد آن را از طریق لوله‌کشی با چوبهای نارون، توسه با هزینهٔ ۲۰ شاهی برای هر تواز، به شهر

1. Saint-Grégoire 2. Blanchart

رن برسانند.

در ۱۹ اکتبر ۱۴۴۴ آب چشمهٔ بلانشار به التقای چشمهٔ دیگری با نام لوویویه[1] در آن‌سوی سن گرگوار آورده شد، سپس در دنبال درهٔ ایل، می‌بایست به محلی در مرکز شهر (منبع کارتاژ) برسد.

حتی پیش از آنکه کار بالا پایان پذیرد، کسانی‌که متصدی این امر بودند، متوجه شدند که مقدار آب این دو چشمه برای شهر کافی نیست و ناگزیر باید چشمه‌های دیگری که به شهر نزدیک باشند، استفاده کرد (۱۵۰۵). آب این چشمه‌ها را وارد منابعی می‌کردند که با گلی آب‌ناپذیر پوشانیده شده و روی آن را لایه‌ای از سیمان گرفته بودند و در سال ۱۵۲۳ سر آن را با آجر پوشانیدند و روی آن را سنگچین کردند.

در ۱۵۱۹ دو چشمهٔ اولی با مجراهای تنبوشه‌ای، به‌جای لوله‌های چوبی به‌محل کارتاژ رسانیده شدند. این چشمه‌ها از سال ۱۵۱۰ آب منبع کارتاژ را تأمین می‌کردند، اما حالت بد لوله‌های چوبی، مقدار آبی را که به‌منبع می‌رسید، روزبه‌روز کمتر می‌کرد تا اینکه در ۱۵ فوریه سال ۱۵۹۵ بکلی قطع گردید.

برای یافتن چشمه‌های دیگری در نزدیکی حصارهای شهر (تور- لو- بار[2]، پورت -ا فولون[3]) به جست‌وجو پرداختند و در همان حال کوشیدند تا با انشعابهای مختلف در نقاطی از مجرای نخستین از آن استفاده کنند، سپس در سال ۱۶۰۴ به بازسازی این مجرا با «لوله‌های خوب هلند» که از روان خریده شده بود پرداختند؛ این لوله‌های گلی را آب به روان آورده بود.

در همین‌حال، آب چشمهٔ تور لوبار به میدان دیگری (میدان سن‌ژرمن) برده شد. در اینجا آب منبع وارد حوضچه‌ای می‌شد که بزودی تبدیل به گندابرویی شد که قصابها در آن دل و جگر و زنان لباسها و ظروف کثیف خود را می‌شستند. معذلک این آب که از لایهٔ سطحی زمین شیستی بیرون می‌زد، آمیزهٔ ناسالمی از آب باران و فاضلاب بود. در سال ۱۶۵۴ مقامات شهرداری بر آن شدند که بهتر است این منبع را حذف و منبع دیگری در شمال آن ایجاد کنند. احتمالاً یک آب ناسالم که از زمینهای نزدیک به شهر می‌آمد از یکسو و مجاری و چشمه‌های ناکافی از سوی دیگر، نمی‌توانست به نیازمندیهای آب یک شهر ۲۵۰ـ۳۰۰ نفری سدهٔ هفدهم پاسخگو باشد.

آنها چشمه‌های دیگری (لامار[4]، لوویویه، و غیره) را در سن گرگوار یافتند و به‌جای منبع آب کارتاژ منبع دیگری در جای بهتری ساخته شد تا جریان آب آسانتر انجام گیرد. اما علل دیگری که

1. Le, Vivier 2. Tour-le-Bart 3. Porte-au Foulon 4. La Marre

در بالا ذکر شد در جهت کاهش مقدار آب عمل می‌کردند. فئودالی به نام لا توش کورنولیه[1] مالک زمینهایی بود که شبکهٔ لوله‌کشی سن گرگوار از میان آن می‌گذشت. این فئودال به‌عنوان بهای زمینش انشعابی را برای خانهٔ خود درخواست کرد و آن را به‌دست آورد. درخواست کننده که «مستوفی منطقه» بود، برای اخذ یک تصمیم مطلوب، مقام مناسبی داشت و درخواست او با این شرایط که «شیر را همیشه باز نگذارد و بیش از ۱/۱۲ بده آب لوله را نگیرد»، پذیرفته شد.

رفته‌رفته لوله‌های سربی جای تنبوشه‌ها را گرفتند، همان‌طورکه تنبوشه‌ها جای لوله‌های چوبی را گرفته بودند. دادخواستی از سال ۱۷۱۶ گواهی می‌دهد که طول لوله‌های سربی در آن زمان به ۵۰۶ پا می‌رسید.

آتش‌سوزی ۱۷۲۰ چنان پست‌وبلندیهایی در کوچه‌هایی که لوله‌های آب از آنها می‌گذشت، ایجاد کرد که کار آبرسانی عملاً متوقف شد. هرکس که در مجاورت لوله‌های آب خانه داشت، خود را محق می‌دانست که از آب استفاده کند. تأسیسات قدیم بکلی ویران شده بودند. در سال ۱۷۲۷ گابریل (ژاک سوم، ۱۶۶۷ـ۱۷۴۲) که مدیریت بازسازی شهر به او داده شده بود، برای تجدید سازمان شبکه آبرسانی و منابع آب، برنامهٔ تازه‌ای معین کرد. او تخمین زد که آب ارتفاعات کنسه[2] می‌تواند «نه اینچ میرابی» آب بدهد و با جمع کردن آب چشمه‌های دیگر می‌توان ۱۵ اینچ میرابی و در ۲۴ ساعت ۱۰۸۰ مؤید (۲۷۴ لیتر) آب به‌دست آورد.

براساس نقشه‌ای که تهیه شده بود، لوله‌ها سه و یک‌ونیم اینچی بودند که می‌توانستند در ۲۴ ساعت ۱۹٫۳ × ۱۵ مترمکعب یا ۲۸۹۵۰۰ لیتر آب بدهند، که برای هر نفر حدود ۱۰ لیتر در روز بود. مشروب‌سازی محله‌های ساحل چپ رودخانه ویلن را با چشمه‌ای از ارتفاعات گویین[3] تأمین می‌کردند. درواقع در سال ۱۷۶۵ لوله‌ها بیش از ۱۰۰۰۰۰ لیتر آب، یعنی برای هر نفر سه لیتر، نمی‌دادند، این رقم با رقمی که ما برای پاریس به‌دست دادیم، نزدیک است. مقدار آب بازهم در اثر انشعاباتی که در راه از آن می‌شد، مثلاً انشعاب مربوط به فئودال کورنولیه افت می‌کرد.

این نارساییها را با حفر چاهها در نقاط مختلف شهر جبران می‌کردند، ده، یازده چاه شناخته شده بودند، اما آبی که آنها تأمین می‌کردند کیفیتی مشکوک داشت، زیرا همان‌طورکه درگذشته دیدیم این آبها بیشتر از سطح شیستی زمین به‌دست می‌آمدند تا از چشمه‌های ژرف. بازسازی و کارهایی برای جانشین کردن لوله‌های کهنه انجام می‌گرفت که با مانع کم پولی مواجه می‌گشت. این شهر تا سدهٔ نوزدهم از داشتن یک شبکه آبرسانی سازمان‌یافته محروم بود.

می‌باید افزود که دانش شیمی هنوز پیشرفت چندانی نیافته بود و عدم آشنایی با رشتهٔ

1. La Touche-Cornulier 2. Quincé 3. Guynes

میکروب‌شناسی تا اندازهٔ بسیار محدودی در شناختن آبها و چگونگی آنها کمک می‌کردند. بسا آبهایی که در زمان ما آبهای خطرناک به‌شمار می‌آیند در آن زمان آشامیده می‌شدند، آبهایی که اسیدکربنیک در آنها حل شده و کمی ترش‌مزه بودند، «آب بسیار خوشگوار» معرفی می‌شدند؛ بدین‌ترتیب علت و چگونگی انتشار بسیاری از بیماریهای وحشتناک همه‌گیر در شهرها روشن می‌شود.

آبهای ورسای: آب سالم در لوله‌های فلزی تحت فشار زیاد در ورسای توزیع می‌شد. کارهای انجام گرفته در ورسای بسیار دشوار بودند: قلعه در ارتفاعی بالاتر از بخش بیشتر مناطق همجوار قرار داشت، تنها فلات جنوبی و غربی از آن بالاتر بودند که آنها هم آبی نداشتند. لازم بود که در آنجا برکه‌های مصنوعی ساخت تا آبهای سطح زمین جمع‌آوری شود و یا از آب رودخانه‌های دور، از ارتفاعات مجاور استفاده کنند و یا بالاخره به‌کمک دستگاههای پرقدرت آب را با فشار به پیش برانند. توالی اقدامات و دامنهٔ طرحها، روشی را که برای آبرسانی ورسای و تأمین نیاز هنگفت باغها و فواره‌ها و غیره انجام گرفته است، نشان می‌دهد.

برای اینکه تاریخهایی به‌دست داده باشیم، توجه می‌دهیم که برگزاری جشن سال ۱۶۶۱ در قلعهٔ وو[1]، متعلق به نیکلا فوکه[2]، حسادت لویی چهاردهم نسبت به وی را تحریک نمود و این امر سبب تنزل مقام او گردید و لویی را به تهیهٔ طرح بزرگ آبرسانی ورسای برانگیخت، قلعه وو دارای ۱۲۰۰ فواره و آبشار بود. ایجاد باغها و قلعه مستلزم کار ۱۸۰۰۰ کارگر بوده است. لویی چهاردهم برای ایجاد باغهای ورسای، ازمنسار، لووو، و لو نوتر[3] که باغهای وو را ساخته بودند، استفاده کرد و در ورسای، ۱۴۰۰ فواره و آبشار ایجاد کرد که اکنون تنها ۶۰۰ عدد از آنها مانده است.

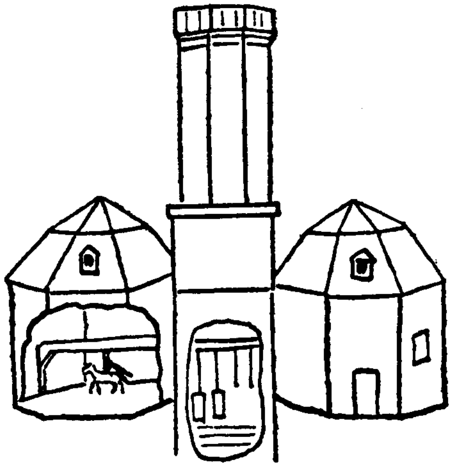
درگذشته در زمان لویی سیزدهم، یک تلمبه، آبهای برکهٔ کلاگنی را با فشار به قلعه می‌راند. در سال ۱۶۶۳ لووو برای یک تلمبه‌خانه دیگر تأسیساتی برپا داشت. تلمبه‌خانه جدید را شخصی با نام ژولی[4] با چهار تلمبهٔ مکشی (تنفسی) ـ رانشی (فشاری) که بوسیلهٔ دو اسبگرد عمل می‌کردند، تأسیس نمود (شکل ۲۲۳) و آب را به منبعی که در طبقهٔ بالای قلعه بود، می‌راند؛ بدین‌ترتیب در هر روز ۶۰۰ مترمکعب آب در اختیار گذاشته می‌شد.

در سالهای ۱۶۶۶ و ۱۶۶۷ چند منبع ساخته شد که سه عدد آن درگلز (۵۰۰۰ مترمکعب) آبهای کلاگنی را دریافت می‌داشتند. در سال ۱۶۶۸ سه آسیای بادی آب را گام‌به‌گام تا منبعهای

1. Vaux

۲. N. Fouquet ۱۶۱۵ـ۱۶۸۰ از رؤسای دربار لویی چهاردهم که حامی نویسندگانی همچون مولیر و لافونتن و... بود و قلعهٔ وو را او ساخته است. او به اتهام اختلاس در سال ۱۶۶۱ به زندان افتاد.

3. Le Nôtre 4. Jolly



شکل ۲۲۳.تلمبهٔ کلاگنی، با اسبگرد.

گلز بالا می‌راندند. یک آسیای بادی دیگر (در برگشت) آب را از حوضچه آپولون[1] به برکهٔ کلاگنی برمی‌گرداند و این کار از طریق چهار لولهٔ چدنی با دهانهٔ ۶ اینچی انجام می‌گرفت.

در ۱۶۷۲ برکهٔ کلاگنی که دیگر کافی نبود با آبهای سطحی لوشنه[2] و گلاتینی[3] تغذیه شد. در سال ۱۶۷۴ یک «تلمبهٔ بزرگ» که با دو اسبگرد کار می‌کرد، بدهٔ پیوسته‌اش ۲۹۲۰ مترمکعب بود. در سال ۱۶۸۰ تلمبه‌های ورسای آب مشروب محل را تأمین می‌کردند و زمانی‌که کار آنها متوقف شد، آب برکه در اثر شیب موجود، تا مدتها برمی‌گشت و به گراند کانال می‌ریخت.

آب بیور: چهار آسیای بادی گام‌به‌گام آب برکهٔ وال[4] را به فلات ساتوری[5] می‌رساندند، و از آنجا یک شبکهٔ لوله‌کشی چدنی آن را به منبعی هدایت می‌کرد. این کانال بوسیلهٔ سیفونی که آن‌هم چدنی بود از سفرهٔ پایین آب، که«piece d'eau des Suisses» نامیده می‌شد می‌گذشت و لوله‌ای (عملاً دو لولهٔ ۸ اینچی) آب را به‌درون قلعه می‌برد. در سال ۱۶۶۸ آسیاب لونه[6] از بیور آب می‌گرفت تا آن را از طریق لوله‌های چدنی به ساتوری برساند.

آب لوار ۱۶۷۴: آقای ریکه، این مهندس پرآوازه، آوردن آب را از لوار از طریق آکدوک طرح کرده بود، اما ژان پیکار کشیش بوسیلهٔ یک تراز دارای لولهٔ بصری (که در همین اوان اختراع کرده بود) ثابت کرد که طرح آقای ریکه، آب را پایین دژ ورسای می‌آورد و طرح به‌کناری نهاده شد.

1. Apollon 2. Le Chesnay 3. Glatigny 4. Val 5. Satory 6. Launay

برکه‌های بالایی و پایینی: از طریق روشهای دقیقتر ترازگیری ثابت کردند که ارتفاعات جنوبی ـ غربی ورسای (تراپ)[1] می‌توانند آبی را که از ساتوری می‌آید راه دهند، درحالی‌که آبی که از فلات ساکله[2] می‌آید حدود ۲۰ متر بالاتر از محوطهٔ قلعه ورسای می‌گذرد (۱۶۷۵ـ۱۶۸۵). این شبکه لوله‌کشی هم با لوله‌کشی اضافی و سیفون، و هم بوسیلهٔ آکدوک (درهٔ بوک)[3] تکمیل شد.

ماشین مارلی: روز ۷ اکتبر سال ۱۶۷۸ شخصی از اهالی لیژ با نام آرنولد دو ویل[4] پیشنهاد کرد که آب رودخانهٔ سن را برای مشروب‌سازی هر دو شهر مارلی و ورسای همزمان، تلمبه کنند. این اندیشه بر روی مقیاس کوچکی بر روی آسیاب پالفور[5] در نزدیکی قلعهٔ سن‌ژرمن[6] آزمایش شد و سپس طرح اصلی آغاز گشت. هفت سال وقت لازم بود تا چنین ماشینی ساخته شود و هزینهٔ ساخت این ماشین به ۳۸۵۹۵۸۳ پوند بالغ شد که هزینهٔ آزمایش پالفور را نیز شامل می‌شد. این نقشه مشتمل‌بر تخلیهٔ ۶۰۰۰ مترمکعب بود، اما در عمل از ۳۰۰۰ مترمکعب فراتر نرفت. بزرگترین بخش این آب را دژ مارلی مصرف می‌کرد و بقیهٔ آن به ورسای می‌رسید.

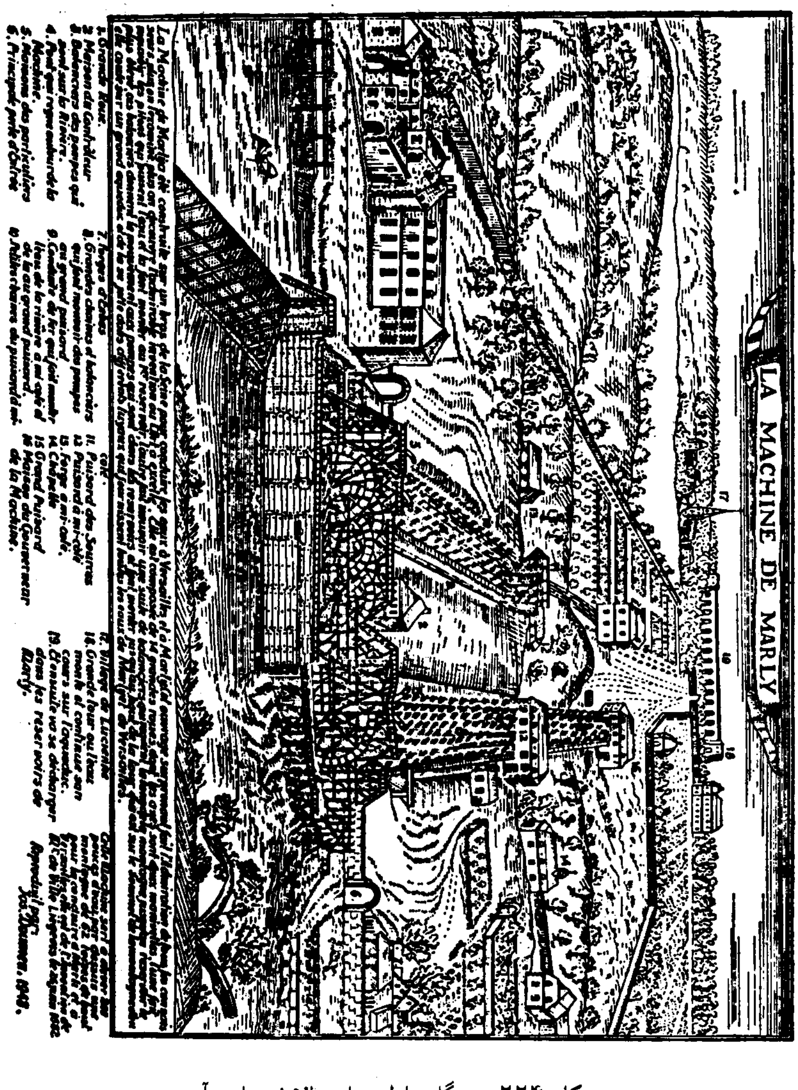
این ماشین مارلی، که به‌علت اهمیتش زبانزد شده است، علاوه‌بر کارهای بالا، وظائف مهم دیگری را هم به انجام می‌رسانید. نیروی محرکهٔ آن بوسیلهٔ ۱۴ چرخ بزرگ با پره‌هایی به قطر ۱۲ متر تأمین می‌شد که در سه ردیف قرار داشتند (شکل ۲۲۴):

۷ چرخ در ردیف اول
۶ چرخ در ردیف دوم
۱ چرخ در ردیف سوم

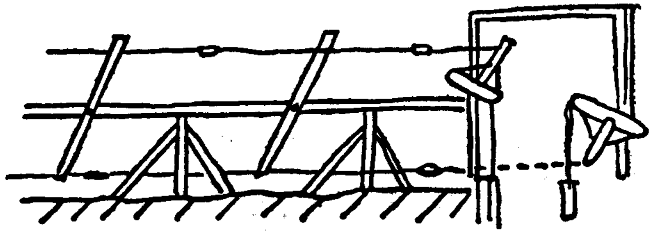
آب بوسیله سه دسته تلمبه به بالاترین نقطهٔ فلات رانده می‌شد. تلمبه‌هایی که با آب رودخانه در تماس بودند از نوع مکشی ـ رانشی بودند و آب را به طبقهٔ اول با ارتفاع ۱۵۰ پا می‌رسانیدند و گروه دوم تلمبه‌ها، این آب را ۱۷۵ پا بالاتر می‌فرستادند و بالاخره تلمبهٔ آخری آن را ۱۷۷ پا، و رویهم‌رفته در طول ۶۱۴ تواز افقی، ۵۰۲ پا آب بالاتر می‌رفت، به‌عبارت متری در طول ۱۲۰۰ متر افقی و ۱۵۰ متر عمودی بالا فرستاده می‌شد.

در این زمان هرگز نمی‌توانستند آب را به یکباره ۱۵۰ متر بالا بفرستند. درواقع وسایل تراشکاری بدنهٔ تلمبه‌های استوانه‌ای، پیستونها، امکان برقوزنی و تراشکاری دقیق را نداشتند. تنها در پایان سدهٔ هجدهم بود که ماشینهای تراش دقیق ساخته شدند. در سدهٔ هفدهم می‌بایست با استفاده از چرم برای آب‌بندی دستگاه در فشارهای زیاد که در مورد ماشین مارلی در رانش مستقیم به ۱۵ کیلومتر

1. Trappes 2. Saclay 3. Buc 4. A. de Ville 5. Palfour 6. Saint-Germain



شکل ۲۲۴.دستگاه مارلی برای بالا فرستادن آب.



شکل ۲۲۵.مکانیسم فرمان از دور تلمبه‌های دستگاه مارلی.

می‌رسید، استفاده کرد. علاوه‌بر آن حرکت نامنظم آب در لوله‌ها، که ناشی از طرز کار تلمبه‌های متناوب است، ایجاد ضربهٔ قوچ (کوبش آبی) می‌کند که در لوله‌های با طول زیاد خطر آن شدت می‌گیرد.

بنابراین لازم بود نیروی رانش را پخش و تلمبه‌ها را در سه سطح مختلف تقسیم کرد. اما در این‌حالت مشکل انتقال انرژی ناشی از چرخاب به مسافتهای دور پیش می‌آید. و دستگاهی با میلهٔ سخت در گذشته شرح داده شده است (اراردو بوالودوک، ۱۵۸۴)، در مارلی، برای انتقال این انرژی از زنجیرهای آویزانی که روی اهرمهای بسته به تلمبه عمل می‌کردند، استفاده می‌شد (شکل ۲۲۵).

این زنجیرها چنین توزیع شده بودند:

ـ در تراز رودخانهٔ سن، ۶۴ تلمبهٔ مکشی ـ رانشی قرار داشتند؛ که علاوه‌بر آنها، تعداد ۸ تلمبهٔ آبرسان به حوضچه‌ای آب می‌رسانیدند که می‌توانست تلبمه‌هایی را هواگیری (پیش. پرسازی) کند.

ـ در طبقهٔ نخست، ۷۹ تلمبه مکشی ـ رانشی قرار داشتند که علاوه‌بر آنها، تعداد ۱۴ تلمبه، آب را از چشمه‌های مجاور می‌گرفتند.

ـ در طبقهٔ دوم، ۷۸ تلمبه مکشی ـ رانشی قرار داشتند، که علاوه‌بر آنها، تعداد ۱۶ تلمبه برای بالا آوردن آب چشمه به‌کار می‌رفتند. به‌طور خلاصه:

تلمبه مکشی ـ رانشی	۶۴ + ۷۹ + ۷۸ = ۲۲۱
برای چشمه‌ها	۱۶ + ۱۴ = ۳۰
تلمبهٔ آبرسان	۸
جمع کل تلمبه‌ها	۲۵۹

آرنولد دوویل برای این ساختمان، یک کارگاه درودگری با سرپرستی یک نفر اهل لیژ با نام رنکن سوالم[1] ایجاد کرد، این شخص درحدود سال ۱۶۶۸ ماشینی برای مارشال مارشین[2] ساخت. این مارشال همان شخصی است که او را به لویی چهاردهم معرفی کرده بود. سوالم با کمک پل، برادر خود، این ماشین را ساخته بود.

در این زمان، حدود سال ۱۶۰۰، یک سوئدی با نام پولن[3] فرمان زنجیری را ساخته بود که تقریباً دارای همان مکانیسمی بود که اراردو بوالودوک آن را شرح داده است و با میله‌های سختی عمل می‌کرد. بنابراین، ماشین مارلی اختراع تازه‌ای نبود، بلکه طرحی با مقیاس غیرعادی برای تلمبه کردن آب به ارتفاعی بود که در آن زمان غیرعادی می‌نمود.

درحالی‌که الوارهای لازم برای ساخت این ماشین از فرانسه می‌آمد، سازندگان آن برای تهیهٔ همهٔ قطعات فلزی اتصالات و نیز لوله‌های چدنی به لیژ روی کردند. رویهمرفته، طرح این ماشین با درنظرگرفتن پیشرفت تکنیک در آن زمان بخوبی ترسیم شده بود. دستگاه روی پایه‌هایی که در بستر رود سن کوبیده شده بودند، برپا شد و موجگیرهایی از چوب از آن حمایت می‌کردند.

به‌هزینهٔ ساخت این ماشین باید مزدی را که آرنولد دوویل و برادران سوالم پرداخت شد افزود. بین سالهای ۱۶۸۰ تا ۱۶۹۵ آرنولد دوویل ۲۳۸۶۰۰ پوند و هر یک از برادران سوالم ۴۱۰۹۵ پوند دریافت داشتند. بنابراین برای مدیریت کار ۳۲۰۷۹۰ پوند پرداخت شده بود که ۹٪ کل هزینهٔ انجام طرح بود. تعداد کارگران دائم ۶۰ نفر بودند که یک سرکارگر متصدی اداره و نگاهداری ماشین بود.

دستگاه مارلی از جنبهٔ نظری برای تأمین ۶۰۰۰ مترمکعب آب در روز ساخته شده بود که در عمل از ۳۰۰۰ مترمکعب فراتر نرفت.

این را هم باید افزود که در اثر ضعف دقت در ساخت قطعات فلزی گرداننده چرخها، میله‌های انتقال حرکت دستگاه با چنان صدای وحشتناکی عمل می‌کردند که از فاصله بسیار دوری شنیده می‌شد. شاهدی در دست نیست که سروصدای نابهنجار دستگاه اعتراض شدید ساکنان محل را سبب شده باشد، برعکس احتمال می‌رود که صداهای وحشتناک ماشین بر ابهت آن درنظر ساکنان و بینندگان محل افزوده باشد.

دستگاه مارلی در اصول، تفاوت چشمگیری با دستگاههای سامارتین و پل‌نتردام نداشت. با این‌همه باید بر اهمیت بسیار زیاد این دستگاه انگشت گذارد. درحالی‌که تلمبهٔ سامارتین در عمل قدرتی برابر ۸ تا ۱۰ اسب بخار داشت، دستگاه مارلی ۱۵۰ اسب تولید می‌کرد، و دستگاه مارلی

1. Rennequin Sualem 2. Marchin 3. Pohlen

از لحاظ ترتیب بهتر پره‌های چرخ نیز مشخص می‌شود. در دستگاه سامارتین ۸ پره بر روی چرخ قرار داشت که با فواصل ۵٫۲/۸ × ۳٫۱۴ = ۲٫۰۸ متر بر روی دوره چرخ قرار گرفته بودند و حال آنکه در دستگاه مارلی ۴۸ پره بر روی چرخ دارای محیط ۱۲ متری توزیع شده بودند و فواصل آنها با یکدیگر ۱۲/۴۸ × ۳٫۱۴ = ۰٫۷۸ متر بود. بنابراین حرکت آب با نظم بیشتری انجام می‌گرفت.

از جنبهٔ بازده مکانیکی این دستگاه باید گفت که قدرت آن مربوط به ۱۴ چرخ و ۷۰۰ اسب بخار بود و کار مفید آن ۱۵۰ اسب بخار می‌شد، بنابراین بازده مکانیکی آن ۲۱٫۴٪ بود.

آبرسانی از اور: با وجود همهٔ هزینه‌ها و کوششهایی که در راه آبرسانی به ورسای صرف شد، معلوم شده است که مقدار آب ورسای در سال ۱۶۸۵ کافی نبوده است. اگر کلبر، علی‌رغم بی‌تابی شاه، مخارج ورسای را درحد توانایی خود کاهش داد، اما پس از رفتن وی در سال ۱۶۸۳، لویی هزینهٔ سرسام‌آوری برای ورسای، از جمله برای انحراف رودخانهٔ اور درنظر گرفت و در سال ۱۶۸۴ انجام دادن این کار را به فیلیپ دولاهیر سپرد که انشعابی از پون‌گوان[1] بگیرد و از درهٔ منتنون[2] بگذراند.

ووبان که مگرینیی[3] او را یاری می‌کرد، پیشنهاد نمود که آب را از خندقها تأمین کنند و برای گذر از دره، از سیفون استفاده شود. لوووا با این اندیشه مخالفت ورزید و طرح عده‌ای از اعضای فرهنگستان علوم را در برابر آن گذاشت که موافق ساختن یک مجرای روگذر بزرگ بودند. لوووا برای رد اندیشهٔ استفاده از سیفون، هزینهٔ سرسام‌آور کانال‌کشیها و نیز لوله‌های چدنی را دستاویز قرار داد. برای گذاردن لوله‌هایی با دهانهٔ یک پا در طول ۷۵۰۰ تواز، بودجه‌ای برابر ۵۲۵۰۰۰۰ پوند لازم بود.

بنابراین طرح مجرای روگذر بزرگ پذیرفته شد، در این طرح لازم بود که آکدوکی با عرض ۷ و ارتفاع ۳ پا ساخته شود. فیلیپ لاهیر در سالهای ۱۶۸۴ـ۱۶۸۵ به تسطیح مسیر مشغول بود. ووبان نقشه‌ها را تهیه می‌کرد و کارها را با دقت تمام طرحریزی و معین می‌ساخت به‌طوری‌که این کار بعدها در ساختن پلها و راههای شوسه مدل قرار گفت.

کار در ۱۶۸۵ آغاز شد و در سال ۱۶۸۸ که جنگ (اتحاد اوگسبورگ)[4] آن را متوقف ساخت بسیار پیش رفته بود. سربازان که در کارگاهها تحت فرماندهی مارشال اوکسل[5] کار می‌کردند (حدود ۳۰۰۰۰ نفر) و در اثر تب نوبه تعداد زیادی از آنان هلاک شده بودند، به جبهه فرستاده شدند.

با صلح ریسویک و ورشکستگی مالی و کنار رفتن لوووا به این کارها پایان داده شد. کارهای انجام گرفته شامل ۸۳ کیلومتر کانال‌کشی می‌شد که بخصوص ارتفاع خاکریزها در بعضی مناطق

1. Pontgouin 2. Maintenon 3. Mesgrigny

۴. Ligue d'Augsburg اتحاد دفاعی امپراطور لئوپولد اول با ممالک سوئد، اسپانیا، باواریا، پالاتینا علیه لویی چهاردهم در سال ۱۶۸۶؛ هلند، انگلستان و ساووا در سال ۱۶۸۹ به آن پیوستند.

5. Uxelles

و دو طرف دره به ۱۵ تا ۲۰ متر می‌رسید. دربارهٔ درهٔ لاری[1] که ۱۰۰۰ متر عرض آن بود نخست یک پل آکدوکی پیش‌بینی شد. در سال ۱۶۸۸ به‌جای این پل، سیفونی از لوله‌های چدنی گذاشته شد. اما درهٔ اور در منتنون (عرض ۵۰۰۰ متر) نخست آکدوکی که در ابتدا دارای سه طبقه بود، به‌کار برده شد که حداکثر ارتفاع آن به ۷۳ متر می‌رسید. تنها طبقهٔ اول آن ساخته شد و در سال ۱۶۸۸ به‌جای دو طبقهٔ دیگر، سیفونی بر روی طبقه اول کار گذاشته شد. همهٔ طرح می‌بایست بیش از ۱۰۰۰۰۰ متر مکعب آب را با هزینهٔ ۱۰ تا ۱۱ میلیون پوند برای ورسای تأمین کند. اما اگر هزینهٔ دستگاه مارلی و مقدار بدهٔ هر یک از تأسیسات را درنظر بگیریم و دستمزد سازندگان و کارگران متصدی نگاهداری از دستگاه را کم کنیم، آکدوک اور را می‌توان بسیار با صرفه‌تر دانست.

مصرف آب: چنانچه جمعیت ورسای، اعم از شهر و دژ، درنظر گرفته نشوند، لزوم شبکه‌ای بدین اهمیت برای آبرسانی درک نمی‌شود. ما جمعیت ورسای را ۳۰۰۰۰ نفر گفته‌ایم؛ دربار حدود ۲۰۰۰۰ نفر ساکن داشت که ۹۰۰۰ سرباز آن در شهر و ۵۰۰۰ نفر خدمهٔ آن در حومهٔ ورسای می‌زیستند و ۱۰۰۰ نفر اشراف ردیف پایین که خود را در ردیف درباریان جا می‌زدند، آنها هم در شهر زندگی می‌کردند. در دژ ورسای، ۱۰۰۰ نفر مالک و ۴۰۰۰ نفر خدمه و مجموعاً ۵۰۰۰ نفر می‌زیستند. بدین‌ترتیب در این مجموعه شهر ـ دژ تعداد ۳۵۰۰۰ نفر بودند که می‌بایست آب مورد نیاز آنها را تأمین کرد. با درنظر گرفتن آب سرانه در آن زمان، که مثلاً برای پاریس و شهرهای درجهٔ دوم ۳ لیتر و حتی گاهی ۱۵ لیتر هم نوشته شده است، مقدار مصرف روزانهٔ ورسای باید حداکثر ۵۰۰ متر مکعب باشد که این رقم نسبت به آبی که وارد ورسای می‌شد، بسیار کوچک می‌نماید.

علت این تبعیض، تأمین آب منابع و حوضچه‌های باغها و ایجاد «جریانی از آب زنده و جوشنده، همراه با زمزمه شادیبخش فواره‌ها که در باغهای به سبک ایتالیایی به بالا پرواز کنند و بینندگان را به‌وجد آورند» (ا. پراته، ورسای) بود.

ظاهراً در اینجا هم به تقلید از ایتالیا، شبکه‌ای از کانال‌کشی برای آب مورد لزوم باغها ایجاد شده بود. به گروه آقایان لوبرون[2]، لووو و لو نوتر که کاخ را ساخته و باغها را سازمان داده بودند، آقایان فرانسینی (فرانسوا و پیر فرانسین)[3] که ایتالیایی تبار و اهل فلورانس بودند پیوستند، فلورانسی که آبهای فراوان آن باغهای مدیچی را شاداب نگاه می‌دارد.

ورسای رقیب شانتیلی[4] بود، جایی‌که سرچشمهٔ آب بسیار نزدیک و آبرسانی کار بسیار ساده‌ای بود. اما در ورسای، منطقه‌ای که آبهای راکد و زمینهای باتلاقی فراوان دیده می‌شد، ایجاد چنان

1. Larris 2. Le Brun 3. F. et P. Francine 4. Chantilly

محیطی به اراده‌ای اعجازآور، استعداد و هزینه‌ای فوق‌العاده نیاز داشت. آقای سن سیمون[1] از این کار بشدت انتقاد می‌کند و می‌نویسد:

«شاهکارهای هنر را این منبعهای آب پژمرانیدند . . . میلیونها هزینه شد تا این دریاهای آب مخازن ایجاد شده، به‌سوی شنهای روان و گل‌ولای گسیل شوند . . . این کار برابر با نابودی پیاده‌نظام است. او (لووا) قصد دارد که رودخانهٔ اور را بین شارتر و منتنون منحرف بسازد و همهٔ آن را به ورسای برساند. چه کسی می‌تواند طلاها و بازوهای کار و سالیانی که در این راه هزینه شده‌اند، را برآورد کند . . . ؟ سرانجام، جنگ بود که در سال ۱۶۸۸ به‌کارهای آن برای همیشه پایان داد. از آن‌همه، تنها چیزی مانده است بدون شکل مشخص، تا خاطرهٔ این دیوانگی وحشتناک را جاودانه کند.»

وسایل تسطیح: از دوران رومیها تا سدهٔ هفدهم وسایل تسطیح زمین نه تکامل یافتند و نه تغییر کردند. این وسایل عبارت بودند از خط‌کشهای افقی، که به‌کمک یک وزنه یا شاغولی دارای سوراخهای کوچک برای دیدن عمل می‌کردند.

در سال ۱۶۷۵ ژان پیکار کشیش ترازی مجهز به لولهٔ دید اختراع کرد که می‌توانست کار اندازه‌گیری را با دقت بسیار زیادی انجام دهد (شکل ۲۲۶). پنجره‌های آن با تار و پودهای ابریشمی متقاطع مجهز شدند. شاغولی که از لوله‌ای می‌گذشت، تنظیم افقی شدن لولهٔ دید را ممکن می‌ساخت.

همین وسیله بود که نشان داد که آبهای لوار نمی‌توانند با کمک گرانش یا وزن خود به ورسای برسند، اما آبهای بیور را می‌توان به ورسای رسانید.

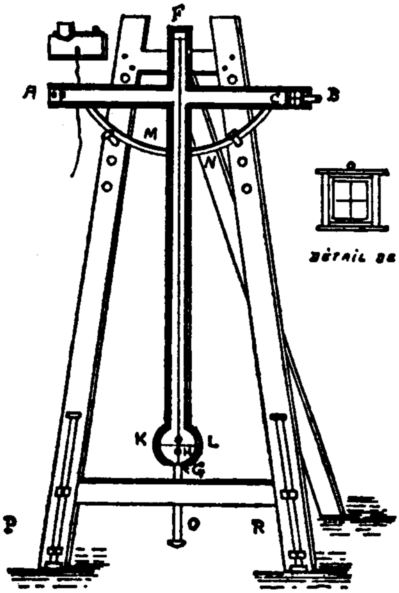
تسطیحی که پیکار از کانال مرداب تراپ انجام داد، شیب آن را که در هر ۱۰۰۰ تواز ۹ اینچ، یا در هر کیلومتر ۱۲/۵ سانتیمتر بود تصحیح کرد.

لوله‌ها: در تأسیسات قلعه وو و تأسیسات اولیهٔ ورسای، تنها از لوله‌های سربی استفاده شده بود. از ابتدای سال ۱۶۶۸ برای آبرسانیهای بزرگ تنها لوله‌های چدنی به‌کار بردند و تنها برای زانوییها و سه‌راههای دارای قطر کم بود که باز از قطعات سربی استفاده می‌کردند.

در سدهٔ هفدهم لوله‌های سربی را از پیچانیدن ورقه‌های سرب روی یک میله و ریختن قلع مایع روی شکاف بین دو لب آن تولید می‌کردند. دهانهٔ این لوله‌ها از ۴ و ۸ اینچ تا یک پا (۳۲/۵ سانتیمتر) تجاوز نمی‌کرد. برای متصل کردن این لوله‌ها از حلقه‌هایی که از آلیاژهای لحیمکاری ساخته می‌شدند، استفاده می‌کردند.

---

۱. Louis de Rouvroy Saint-Simon ۱۶۷۵ـ۱۷۵۵ نویسنده و مورخ فرانسوی



شکل ۲۲۶.تراز مجهز به لولهٔ دید پیکار.

نخستین لوله‌های بزرگ چدنی در ورسای مورداستفاده قرار گرفته شد که حدود ۴۰ کیلومتر از این لوله‌ها در خاک گذارده شد. نخستین مقاطع این لوله‌کشی آب را از بیور آوردند. لوله‌ها را بدون اینکه تاب‌دهنده به‌کار می‌بردند، لبه‌ها و سوراخهای پیچ نیز کار نشده بودند. در آن زمان هیچ وسیله‌ای برای تراشکاری قطعات چدنی وجود نداشت.

برای ساختن اتصالات لوله از یک مفتول سربی با مقطع لوزی استفاده می‌شد که در اثر سفت کردن پیچ، به‌شکل بدی له می‌شد. آب‌بندی لوله‌ها متوسط و دربرابر فشارهای قوی کامل نبود و همین امر سیفون کردن آب را دشوار می‌ساخت و ناگزیر، همان‌طورکه دیدیم، با آکدوک توسل می‌جستند و چنانچه اختلاف سطح بسیار کم بود، آنها را روی آکدوکی کم ارتفاع (منتنون) قرار می‌دادند.

لوله‌های تأسیسات اولیه، چدنی و با دهانه‌های ۳۲٫۵۱۶ و ۵۰ سانتیمتر بودند. این لوله‌ها را که در سال ۱۹۳۹ از خاک بیرون آوردند، معلوم شد که در سال ۱۶۸۵ در خاک گذارده شده‌اند و طی این مدت طولانی، آسیب چندانی ندیده بودند. اندازه‌های آنها چنین بود:

این لوله‌ها در درجه‌هایی که به‌طور افقی گذاشته می‌شدند، ریخته‌گری می‌شدند.

دهانه	ضخامت جدار	طول	فلنجها	تعداد و اندازه پیچ‌ها
۱۶ سانتیمتر	۱۵ سانتیمتر	۱٫۰۵ متر	۲۵ میلیمتر	۴ عدد پیچ ۲۵ میلیمتری
۳۲٫۵ سانتیمتر	۲۰ میلیمتر	۱٫۰۵ متر	۳۵ میلیمتر	۶ عدد پیچ ۳۵ میلیمتری
۵۰ سانتیمتر	۲۵ میلیمتر	۱٫۰۶ متر	۴۵ میلیمتر	۸ عدد پیچ ۴۵ میلیمتری

نخستین لوله‌ها ساخت فرانسه بودند، درحالی‌که ماشین مارلی از شهر اوی[۱] بودند که احتمالاً مربوط به ریخته‌گری آرنولد دوویل (وینو) بود. دهانهٔ این لوله‌ها از ۶ تا ۶٫۷۵ اینچ تغییر می‌کرد و ضخامت جدار آنها ۸ تا ۱۰ خط (۱۸ تا ۲۲٫۵ میلیمتر) و طول آنها یکسان و برابر ۶ پا بود.

چنین می‌نماید که آنها را مقاومتر از لوله‌های ساخت فرانسه می‌دانستند و برای رسانیدن آبهای تحت فشار زیاد و دارای کوبش آبی (ضربهٔ قوچ) تلمبه‌های دستگاه مارلی را مناسبتر می‌شماردند.

شیرآلات: وسیله‌ای برای اندازه‌گیری مقدار آب مصرفی وجود نداشت، زیرا همهٔ آبی که وارد ورسای می‌شد مصرف درباری داشت. نشانه‌هایی در دست است که همیشه از کمبود آب بیم داشتند. بنابراین در مصرف آب صرفه‌جویی می‌کردند و از بازکردن پیوستهٔ شیر پرهیز داشتند، اما در منازل خصوصی باکی از این کار نمی‌شد و تنها راه کنترل مصرف آب، کوچک گرفتن لوله انشعاب آنها بود.

نتیجهٔ این دغدغه، کاربرد زیاد از اندازهٔ شیرآلات بر روی لوله‌های آب بود. نمونه‌های یافت شده، نشان می‌دهد که این شیرها از نوعی بودند که از روزگار رومیها به‌بعد، مردم با آنها کاملاً آشنایی داشته‌اند: مخروطی که درون آن را مته و خالی کرده‌اند و دسته‌ای بر سر آن قرار دارد؛ این مخروط را در لولهٔ اصلی آب فرو می‌کردند. هرگاه مخروطی را طوری می‌پیچانیدند که سوراخ آن با جریان آب همراستا می‌شد، آب از شیر جریان می‌یافت. قطعه‌ای سربی که دور لولهٔ آب لحیم شده بود، شیر را در لوله ثابت می‌داشت.

این شیرها را با دقت می‌ساختند، تراشکاری مخروط و برقو زدن بدنهٔ شیر با دقت انجام می‌گرفت. ترکیب آلیاژ آن چنین بود:

کمپلکس بودن این مخلوط، احتمالاً ناشی از استفاده‌های مجدد آلیاژی است که ترکیب اولیهٔ دقیقی هم نداشته است، و نیز تمایل به اینکه آلیاژ زودگدازی (علت افزایش قلع) به‌دست آید. از به‌کار بردن سرب هم قصد خاصی داشتند؛ زیرا حضور سرب در آلیاژ باعث می‌شد که قطعهٔ مورداستفاده، کمتر ساییده شود.

۱. Huy شهرکی نزدیک لیژ در بلژیک، کنار رودخانهٔ موز.

	بدنه	مخروط
قلع	٪۴٫۸۰	٪۳٫۹۸
سرب	٪۲۲٫۱۰	٪۱۶٫۲۴
روی	٪۲٫۰۵	٪۱۴٫۷۳
مس	٪۷۱٫۰۵	٪۶۵٫۰۵

با اینکه در آن روزگار، شناسایی و تعیین درصد عناصر تشکیل‌دهندهٔ آلیاژ مورداستفاده ممکن نبود، تجربیات تکنسین‌های سدهٔ هجدهم آنها را به راه‌حلهای عقلایی منطبق بر روش امروزین رهبری کرده است.

کتاب‌شناسی

OGÉE, *Rennes ancien.*
MARTEVILLE, *Rennes moderne*, Rennes, 1848.
BÉLIDOR, *Architecture hydraulique*, Paris, 1782.
B. BUFFET et R. EVRARD, *L'eau potable à travers les âges*, Liège, 1951.
T. F. REDDAWAY, *The rebuilding of London*, Londres, 1940.

فرانچسکو پریماتیتچو[1] و روسو[2] (جوانی باتیستا دوروسی) شناخته شد، بعدها دیوارهای کاخها فونتن بلو، لوور، ورسای و مارلی را پوشانید.

۱. Fr. Primaticcio ۱۵۰۴ـ۱۵۰۷ نقاش و معمار ایتالیایی
۲. G. Battista de Rossi ۱۴۹۴ـ۱۵۴۰ نقاش فلورانسی.

۲۲

تکنیکهای ساختمان

ساختن خانه

بررسی تکنیکها می‌تواند شامل بحث دربارهٔ انواع ساختمانها نیز باشد. کار ساختمانی خانه‌های روستایی، به‌علت کثرت، نقش اقتصادی قابل مطالعه‌ای دارد و اهمیت کار ساختمانی خانه‌های شهری بکلی از لحاظ دیگری است و بالاخره ساختمان مؤسسات بزرگ، دژها، کاخها، یا کلیساهای جامع، اساساً مقولهٔ دیگری به‌شمار می‌آیند.

اما در همهٔ این ساختمانها، معماران دلمشغولیهای یکسانی داشته‌اند: یافتن مصالح ارزانتر، کاستن تعداد کارگران، لزوم تطبیق دادن ساختمان با هدفی که از آن منظور است، که بزرگی یا کوچکی ساختمان را معلوم می‌کند، وظیفهٔ نگاهداری و محکم‌سازی آن.

خانهٔ روستایی: خانه‌های روستایی در مقیاس پایین کاملاً ساده هستند و در هر جا که غم اقتصاد را داشته‌اند، میزان این سادگی در حداکثر است. این خانه‌ها تنها از مصالح موجود در محل ساخته می‌شوند مثلاً: گل رس برای بالابردن دیوارها با چوب‌بست، بشرطی‌که در محل چوب فراوان باشد؛ سنگ، چنانچه در حوالی آن وجود داشته باشد (مثلاً سنگهایی که برای آماده‌سازی زمین مزروعی

از آنجا جمع‌آوری شده‌اند)، سرانجام کاه، که پس از برداشت محصول به‌دست می‌آید.

کارکم‌خرجتر ساختن دیوار چینه‌ای است که با خشت خام یا مشته‌های کاهگل انجام می‌گرفت: گل را در محل آماده می‌کردند، کاه را با گل مخلوط، تا از ایجاد ترک جلوگیری شود. این روش که هنوز در روستاها رواج دارد از دورانهای بسیار گذشته ریشه گرفته است: تورات به ما می‌گوید که اسراییلیها که به بیگاری محکوم بودند از کاهگل خشت می‌زدند و این یکی از حادترین موضوعات مورد نزاع با اربابان مصری بود که در گلی که از آن خشت می‌سازند، کاه مخلوط کنند.

طی سده‌های متمادی، ایجاد تغییرات در ساختن خانه‌های روستایی بسیار جزئی بود. مهمترین موضوع، یافتن مصالحی بود که کاربرد آن آسان و به محل ساختمان نزدیک باشد.

خانهٔ شهری: در شهرها هم همین مشکل با کمی تفاوت وجود داشت. کوشش می‌شد که مصالح را از مناطق هرچه نزدیکتر به ساختمان تأمین کنند تا هزینه حمل‌ونقل کمتر باشد، اما فضای تنگ شهرها مردم را ناچار می‌ساخت که تکنیک کار را بالا ببرند، بویژه اینکه خانه‌ها را چند طبقه بسازند، کاری که آنها را ناگزیر می‌نمود که از چوب بست و تخته استفاده کنند.

در شهرهای قدیمی اروپا هنوز تعداد زیادی خانه‌های چوبی وجود دارند. این خانه‌ها عموماً از پایان سدهٔ چهاردهم قدیمیتر و از سدهٔ هفدهم اخیرتر نیستند. طی سدهٔ هفدهم این نوع خانه‌سازی بسیار نادر شد، زیرا رشد اقتصادی مردم اجازه می‌داد که برای ساختن دیوارهای سنگی، اجرت کارگر پرداخت کنند؛ وانگهی باید توجه داشت که در سدهٔ پانزدهم بهای چوب بسیار بالا رفت و دیگر نمی‌توانست با بهای کم مصالح سنگی رقابت کند.

کاربرد چوب: طبیعی است که از زمانهای پیش از سدهٔ چهاردهم، چند خانه‌ای وجود دارند که از مصالح چوبی در آنها استفاده زیادشده است. کتاب رویدادها نوشتهٔ آقای لامبر[1] کشیش شهرستان آردر اشاره‌ای به کاخ آرنو دوم[2] کنت آردر دارد (۱۰۹۹) که از نظر جلال و شکوه از همهٔ خانه‌های چوبی واقع در فلاندر یک سر و گردن بالاتر است. این خانه گویا زیر نظر یک استاد خرپاساز، با نام لویی دو بوربورگ[3] ساخته شده، و او مسؤول نقشهٔ پیچ‌درپیچ و بدیع آن بوده است.

دیوارهای گلی که در شمال رواج بسیار داشت (و اکنون آجر با روکشی از گل جای آن را گرفته است)، با توفالهایی که به چوب بست میخ می‌شدند و روی آنها را با گل می‌پوشانیدند، ساخته می‌شد. کارگرانی که این نوع روکش را انجام می‌دادند، در قرون وسطی معروف به تخته‌بند بودند. برای تهیهٔ این توفالها هم بشکه‌های کهنهٔ چوبی را با تیر از وسط می‌شکافتند.

برای ساختن خانه‌های چوبی از جنگل استفاده زیاد می‌شد: در سدهٔ چهاردهم و آغاز سدهٔ

1. Lambert 2. Arnoul II 3. L. de Bourbourg

پانزدهم، خرپای خانه‌ها عبارت بود از الوارهای بزرگی که با مصالح بنّایی بر روی پی محکم افراشته می‌شدند و تا دو طبقه بالا می‌رفتند. تیرهای کنجی و تیرهای دیگر، قطعات عمودی و تیرهای (افقی) درگاه دیرکهای عمودی و قطعات چوبی اریب که حائلهای چوبی اسکلت‌بندی به یکدیگر قفل می‌شدند.

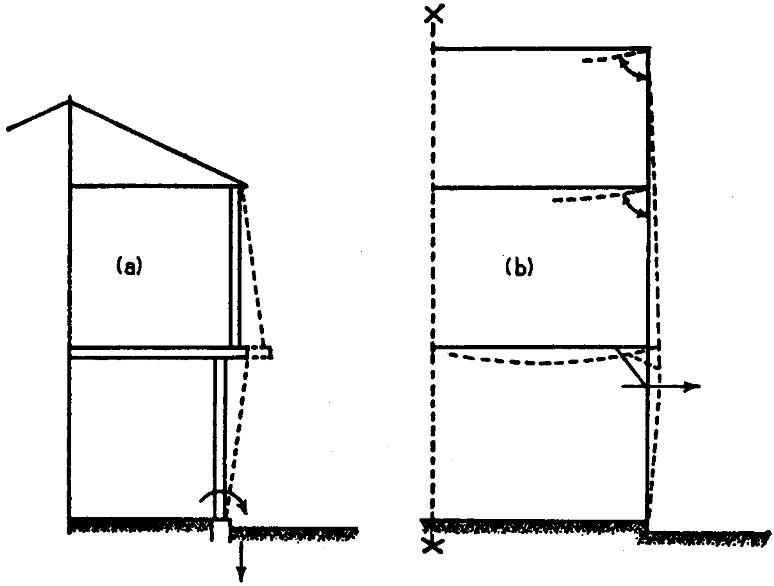
بعدها که جنگلها و درختان قطور آنها روبه‌نابودی رفت و ناچار از تیرهای کوچکتری استفاده می‌شد، خرپا گران طبقات را جداگانه می‌ساختند و بر روی هم می‌نهادند، نتیجهٔ این کار ایجاد امکان طبقات پیشامده (بالکونی) و استفادهٔ بیشتر از فضا بود.

طبقات پیشامده: مقامات شهرداری مدتها گرفتار این مشکل بودند که پیشامدگیهای زیاده از حد طبقات، بویژه در کوچه‌های تنگ، منجر به محدود شدن آزاردهندهٔ فضای بین خانه‌ها می‌شد. در پایان سدهٔ پانزدهم در روان و در سال ۱۵۱۶ در آمین، تصمیماتی گرفته شد تا این پیشامدگیهای «بزرگ و زیاده از حد» ... «که برای سلامت مردم بسیار زیانبخش است» محدود گردد. شهردار دستور داد که پیشامدگی از طبقهٔ اول نباید بیش‌از یک پا باشد و از طبقهٔ دوم، نیم‌پا و چنانچه ساختمان دارای سه طبقه باشد، بر روی هم از یک‌پاونیم جلوتر از طبقه نخست، نباید پیشامدگی ایجاد شود.

تعداد زیادی از این نوع خانه‌های قدیمی هنوز وجود دارند. دیوارهای آنها شبیه بعضی خانه‌های سنگی به‌طور چشمگیری در تراز طبقهٔ اول شکم داده‌اند. در مورد علت ایجاد این پدیده تعبیرهای مختلفی می‌شود، کسانی (از جمله اوگوست شوازی[1]) برآنند که این پدیده به‌علت نشست زمین کوچهٔ مجاور ساختمان در اثر جریان آبهایی است که خاک را متراکم ساخته‌اند (شکل ۲۲۷ الف). اما آقای ویوله‌لودوک توضیح معقولانه‌تری می‌دهد (*Histoire d'une maison*): تیرهای سقف این خانه‌ها که به‌علت فرش کردن بالای آن متحمل بار زیادی می‌شوند، شکم می‌دهند (شکل ۲۲۷ ب.) و بخشی از آنها که روی دیوار حمال قرار دارد به‌علت تاب دیدن، فشار افقی اعمال می‌کنند و دیوار را به بیرون متمایل می‌سازند. در طبقات بالا، دیوار خمیده با کف اطاق، زاویه‌ای می‌سازد که تناسب دقیقی با تاب تیر حمال دارد؛ بنابراین نما گرچه بر روی شکم‌دادگی یا خیز طبقهٔ همکف مستقیم می‌ماند، اما به‌عنوان یک واحد با خیز آن طبقه تشکیل زاویه‌ای داده و متمایل شده است.

تعمیم کاربرد مصالح ساختمانی: در مواردی و بویژه در بورگونی، خانه‌ها دارای سنتوری (مثلثی)های بالای خرپا بودند که سرهای همه تیرهای افقی اسکلت چوبی خانه را مهار می‌کرد. بدین‌ترتیب دو دیوار با مصالح ساختمانی و دو جدار با تخته‌های لوحی ساخته می‌شد. این تیرها بر خلاف

1. A. Choisy



شکل ۲۲۷.چگونگی خیزنماها (الف، از نظر شوازی؛ ب، از نظر ویوله لودوک).

تیرهای خانه‌هایی که سه یا چهار دیوار چوبی دارند، دچار اعوجاج نخواهند شد. کاربرد مصالح ساختمانی در تیغه‌ها پس از تحمل زیانهای آتش‌سوزی، به‌عنوان مانعی دربرابر آتش در بازسازی بعضی شهرها (لندن، رن پس از ۱۷۲۰) الزامی شد.

از سدهٔ دوازدهم، سر در سنگی خانه‌ها تجمل محسوب می‌شد. درکلونی سردرهای از سنگ تراشیده، ستونهای با سرستونهای نقشدار، ازجمله کارهای هنری به‌شمار می‌آمدند. در مجتمعهایی که زندگی اقتصادی فعال بود، بورژواها دارای آن توان مالی بودند که سر درهای مجلل و پرخرج بسازند.

برای خانه‌سازی درکوچه‌های تنگ و کم‌رفت‌وآمد از همان روشهای قدیمی کم‌خرج و مصالح ارزان قیمت استفاده می‌شد و قیمت آنها هم در توان مردم فقیر می‌گنجید.

هروقت که یک آتش‌سوزی بزرگ محوطهٔ وسیعی از یک شهر را با خاک یکسان می‌کرد، به ساختن همین خانه‌های ارزان قیمت می‌پرداختند، این حالت برای لندن، رن (۱۷۲۰)و ... اتفاق افتاد. مقامات محلی این شهرها پس از تحمل چند تجربهٔ ناموفق، به روشی از بازسازی که همراه با تعریض و مستقیم‌سازی خیابانها و اجباری کردن یکسانی نماها بود، روی آوردند. نماها عبارت بود

از: رج پایین از سنگ سخت (گرانیت)، با هلالیها. نمای طبقات بالا با سنگ نرم ساخته می‌شد که بریدن آن کار آسانی بود.

بازسازی شهر رن: آمار مربوط به محوطهٔ ویران شده؛ نوع خانه‌ها را در زمانی‌که شهر در میان دیوارهای قدیمی محصور بود، آشکار می‌سازد (ایجاد دیوار نخست به دورهٔ گل ـ روم مربوط می‌شود):

محوطهٔ ویران شده در اثر آتش‌سوزی	حدود ۷ و ۲/۱٪ هکتار
تعداد خانه‌های ویران شده	۸۵۰ خانه
خانواده‌هایی که بی‌خانه شده‌اند	۲۴۰۰ خانواده

چنین محوطه‌ای در مقایسه با مساحتی که در اثر آتش‌سوزی لندن ویران شد، و نیز با سطح خرابیهایی که آتش‌سوزیهای سدهٔ بیستم ایجاد کرده‌اند، از جمله آتش‌سوزی بندر ازمیر(۱۹۲۲) که چندین صد هکتار را با خاک یکسان کرد، آشکارا کوچک است. اما آتش‌سوزی شهر رن از نظر خراب کردن خانه‌های قرون وسطایی نمونه می‌باشد.

اگر میانگین تعداد افراد خانواده‌ها را چهار نفر بگیریم، به عدد ۱۰۰۰۰ نفر می‌رسیم که بی‌خانه شده بودند. این خانه‌های چوبی، بلند و حداقل چهارطبقه بودند و تعداد ساکنان در هر هکتار به‌طور متوسط ۱۳۳۳ نفر است. این رقم یک رقم بالایی است؛ زیرا در شلوغترین ناحیهٔ پاریس در سال ۱۸۰۰، ما رقمهای زیر را داریم: هتل دوویل ۲۸۱ نفر، تانپل ۳۴۱ نفر. در محلهٔ ماره[1] در پاریس فعلی (محوطه‌ای بین اسکله، بلوار هانری چهارم و بومارشه و خیابانهای تانپل، فی دو کال‌ور[2]، توربیگو[3]، رنار[4]، و بوبورگ[5]) که بسیار شلوغ است،در هر هکتار ۵۸۲ نفر سکنا دارند و اکثر خانه‌های آنها بیش از ۱۰۰ سال را پشت‌سر گذارده‌اند. ما در سدهٔ نوزدهم شاهد روشن شدن محلات قدیمی هستیم و می‌دانیم که مردم به‌سوی محلات جدید (پاسی، اوتوی[6] مون‌مارتر[7]، ...) روی آورده‌اند.

برای مقایسه می‌توان ارقامی را که در سدهٔ بیستم برای طرح توسعهٔ شهرهای بزرگ پذیرفته شده است، نقل کرد.

در «رن» خانه‌های تازه در بازسازی منطقهٔ ویران شده بیش‌از دو یا سه طبقه نداشتند. این خانه‌ها دارای فضایی بیشتر از گذشته و نیز محوطه‌های آزاد (خیابانها و حیاط) زیادتر بودند. از

1. Marais 2. Filles-du-Calvaire 3. Turbigo 4. Renard 5. Beaubourg 6. Auteuil
7. Montmartre

شهرهای با تراکم کم	۲۰۰ نفر در هکتار
شهرهای با تراکم متوسط	۲۲۵ نفر در هکتار
شهرهای با تراکم زیاد	۲۵۵ نفر در هکتار

جنبهٔ تکنیک ساختمان باید گفت که نمای خانه‌ها می‌بایست سنگی باشند، اما به‌کار بردن چوب برای سردرهایی که به حیاط باز می‌شوند، مجاز شمرده شد.

این تغییر شکل نوع ساختمان که در مورد خانه‌های ملکی صورت گرفت، به‌علت تحول اقتصادی بود که شایسته بررسی است، زیرا بستگی نزدیکی با تکنیک ساختمانی دارد.

چوب از مصالح اصلی ساختمان بود چوب را از جنگلها تأمین می‌کردند که در آن زمان در قرب شهر بود. علاوه‌بر چوب از مصالح دیگری که از نزدیکی محل کار به‌دست می‌آمد، استفاده می‌شد، مثلاً گل برای پر کردن قابهای چوبی دیوار، یا دیوار چینه‌ای و نیز سنگ به‌کار می‌رفت. برای تهیهٔ این مصالح آجری (سنگ)، معادن متعدد سنگ واقع در حومهٔ شهر را استخراج می‌کردند. سنگها گرچه نرم و آسانتراش بودند، اما استحکام نداشتند و تحت‌تأثیر آبها (شیستهای پرکامبرین چینه فیلیت سن‌لو «آلگونکین») ترک بر می‌داشتند. در امر بازسازی خانه‌ها از نوعی سنگ سخت‌تر، شیست‌قرمز با دانه‌های نامنظم، که بسیار مقاوم است (شیست کامبرین که به‌طور ناهمشیب روی پرکامبرین قرار دارد)، استفاده می‌شد. این سنگ را از فاصله‌ای بیرون از شهر استخراج می‌کردند و معادن آن متصل به سواحل ویلن بود.

تجربیات بالا سودمندی و ارزانی حمل‌ونقل آبی را در مقایسه با حمل‌ونقل زمینی ثابت کرد. نتیجهٔ این تجربیات، پیدایش توجه و عنایت زیاد به آسان کردن امر کشتیرانی در رودخانه‌ها بود. دولتها (برتانی) که به بازسازی شهر رن علاقه داشتند در تاریخ ۱۱ دسامبر ۱۷۲۱، مبلغی معادل ۳۰۰۰۰۰ پوند برای این منظور پرداختند. این مبلغ شامل وجهی هم بود که برای «قابل کشتیرانی کردن رودخانهٔ ویلن در تمام ایام سال، لااقل در فاصله‌ای از رن تا مساک[1]» اختصاص یافته بود؛ یعنی بخشی که معادن سنگ قرمز شیستی در آن قرار دارد.

نتیجهٔ تغییرات جمعیتی این کار نیز جالب بود: خانه‌های ساخته‌شدهٔ ارزان قیمت، که بیشتر آنها را خود ساکنان آن خانه‌ها ساخته بودند، از چشم افتادند. در ارزیابی تلفاتی که در اثر یک مصیبت بزرگ بر شهری وارد می‌شود، تلفات اثاثه و زمین را حساب می‌کردند و ارزش بنا را نادیده می‌گرفتند.

اما در بازسازیها، خانه‌های تازه که کارگران با پول دولت آنها را می‌ساختند، بنّایان و درودگران

1. Messac

رفته‌رفته مزدشان آن‌چنان بالا رفت که هزینهٔ آن از اثاثه بیشتر شد. فضایی که در مساکن جدید افزایش یافته بود، در بالا رفتن این هزینه سهمی داشت. بدین‌ترتیب جمعیت قدیم که از خانه‌های کوچک و ویران خود بیرون شده بودند، نمی‌توانستند بدین خانه‌های نوساز که هزینهٔ بیشتری برای آنها درپی داشت، بازگردند. آنها در حومهٔ شهر متمرکز می‌شدند و به ساختن خانه‌های ارزانتری اقدام می‌کردند، این خانه‌ها غالباً با وسایل خود ساکنان آنها ساخته می‌شد.

این حالت در مورد بازسازی شهر رن پیش آمد و ساکنان پیشین محلات ویران شده، جای خود را به خانواده‌هایی از طبقات مرفه، بورژواهای ثروتمند، کارمندان ادارات واگذاردند، که توان پرداخت خانه‌های گرانتری را داشتند. در این مورد خاص بر مقولهٔ مالکیت فردی یک خانه، مقولهٔ مالکیت آپارتمانی، که سده‌های متوالی در فرانسه منحصر به فرد بود، افزوده شد. این نوع مالکیت هم نتیجه پدیدهٔ اقتصادی بالا بوده است.

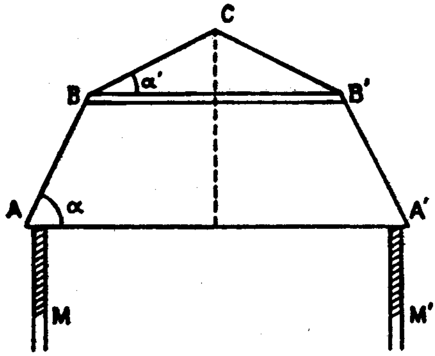
خلاصه، انواع مختلفی از تکنیکهای ساختمانی در سراسر این دوران مورد بررسی ما درکار بودند. این تکنیکها یا زمخت و ابتدایی و ارزان بودند که با مصالح محلی اجرا می‌شدند، یا تکنیکهای پیچیده‌تری، که از مصالح برگزیده (سنگهای نما) استفاده می‌کردند که قیمت آن، نه‌تنها به‌علت کیفیت بالاتر، بلکه به سبب هزینهٔ اضافی حمل‌ونقل، بیشتر بود.

بامهای منسار (چهار ترک کمرشکن): باید توجه داشت که در این دوران نوع تازه‌ای از سقف‌سازی پدید آمد. سقفها تا آن زمان از خرپا ساخته و با سفال، سنگ لوح یا پوشال برنج پوشیده می‌شدند و شیبی کم‌وبیش تند اما یکنواخت داشتند. اما بامهایی را که به فرانسوا منسار نسبت می‌دهند، دارای دو شیب بود، و بین وجوه $ABCA'B'$ آن فضای نسبتاً درخوری وجود داشت. (شکل ۲۲۸).

برتری بامهای منسار در این است که بر روی دیوارهای M و M' آن می‌توان یک طبقه بسیار سبک با تیغه‌های تقریباً عمودی ساخت که کاملاً مشابه طبقات پایینی است و از اطاق زیرشیروانی آن نیز می‌توان برای زندگی استفاده کرد.

بامهای چهار ترک کمرشکن (منسار) که از آن به بعد رواج بسیار یافتند، با قواعد نوین شهرسازی کاملاً قابل تطبیق است. که بر روی یک خط عمودی، با قوسی از دایره حد معینی را مشخص می‌سازد.

شاید لازم به تذکر باشد که این نوع بام‌سازی چون فضای بالای خانه را بهتر و ارزانتر قابل سکونت می‌کند، نوعی کاربرد غیرآگاهانهٔ مکانیک است، و درواقع راه‌حلی برای یک مسألهٔ استاتیک است. شکل $ABCA'B'$ در زیر بارهای وزن قسمتهای مختلف AB و BC . . . در حالت تعادل



شکل ۲۲۸.بام نوع چهار ترک (منسار).

است. گرچه این تعادل پایدار نیست، لیکن خود این واقعیت که تعادل وجود دارد ممکن است سبب این شود که از مقدار فشار بر مفصلهای خرپا (تیر مهاری BB، مفصلهای زوایای A و B و C)، بسیار کاسته شود. اگر p و p′ وزنهای قسمتهای AB و BC سقف باشند تعادل طبق معادلهٔ

$$\mathrm{tg}\alpha = p + ۲p'/p \times \mathrm{tg}\alpha'$$

ایجاد می‌شود؛ اما اگر p = p′ باشد

$$\mathrm{tg}\alpha = ۳\mathrm{tg}\alpha'$$

در دورانی که منسار این نوع بام زنی را رسم رد (۱۶۵۰)، نه کارهای هویگنس و نه بویژه کارهای موپرتویی[1] و همیلتون[2] انتشار نیافته بودند، بدین‌علت است که می‌توان باور کرد که این اندیشهٔ استفاده بهتر از فضای زیر شیروانی بود که منجر به پذیرفتن سیستمی شد که توجیه ریاضی آن وجود نداشت.

ونیز: درگسترهٔ زمانی بین قرون وسطی و سدهٔ هجدهم، اوضاع اقتصادی بیش‌از توسعه صنعتی برای ساختن بناهایی کمک کرد که از هر دو لحاظ هنری و معماری جالب بودند. و نیز از این لحاظ شهر نمونه‌ای است.

۱. Maupertuis پیرلویی ۱۶۹۸ـ۱۷۵۹ ریاضیدان فرانسوی.

2. Hamilton

خانه‌های قدیمی این شهر که بر روی جزایر کوچکی ساخته‌شده بودند، مردمی را که بربرها از شهر ویران‌شده (هراکلئا[۱]، آلتینوم[۲]) خود رانده بودند، در خود پناه داد. این خانه‌ها از شاخه‌ها و جنگلها ساخته و احتمالاً با کاهگل اندود شده بودند. اما از سدهٔ یازدهم مجتمعهای تازه (تورچلو، مورانو، ریالتو) چنان در اقتصاد پیش رفتند که توانستند خانه‌های محکمتری بسازند. در سدهٔ یازدهم سنگ به‌کار برده شد. سنگ را با قایق از سواحل دریا، از خرابه‌های شهرهای قدیمی رها شده، آسان به‌دست می‌آوردند.

ساختن شهرهای تازه در مردابها مستلزم سخت کردن زمین بود، جاپاهایی که با ترکه‌بندی ایجاد شده بودند و جریان ناشی از مد دریا از طریق کانالها از میان آنها می‌گذشت. در حقیقت در دریای آدریاتیک نوعی مد وجود دارد که دامنهٔ آن در شمال به یک متری می‌رسد و در مردابهای ونیز جریانهایی به‌وجود می‌آورد که برای تمیز کردن کانالها بسیار مفید است. اما بخصوص در زیربناهای سنگی با ارتفاع معینی که سنگینتر از کلبه‌های اولیه می‌باشند، لزوم پی‌گذاری احساس می‌شود: دیوارها همه‌جا روی الوارهای کوبیده شده، تیرهای جمع شده، بوسیلهٔ داربستهای چوبی قرارگرفته‌اند. با شروع سدهٔ چهاردهم نه‌تنها در زیر دیوارها تیرکوبی می‌شد، بلکه در زیر هر سطحی از ساختمان که روی صفحهٔ بزرگی قرار داشت نیز، تیرکوبی انجام می‌گرفت.

حدود سال ۱۳۶۷ بیش‌از ۲۰۰ کاخ پاتریسینی در ونیز وجود داشت که نزدیک سه‌میلیون دوکا ارزش آنها بود. تکنیک این ساختمانها هیچ تازگی واقعی بجز تجمل نداشت، که از آن جمله می‌توان از کاخ کادورو[۳] نام برد که دارای ستونهای کنده‌کاری شده و هلالیها و قرنیسهای نقاشی و تذهیب شده است.

دولت ونیز هزینهٔ روشن‌سازی کوچه‌های تنگ شهر و نیز بناهای واقعی وسیع و پرشکوه ملی را عهده‌دار بود. ازجمله این ساختمانهای شکوهمند می‌توان از پروکوراسی وکیه[۴] (فرمانداری قدیم) و پروکوراسی نوئووه[۵] (فرمانداری جدید) (۱۴۹۵ـ۱۵۱۷)، کتابخانه‌ای در میدان پیاتستا (۱۵۳۶) که کار سانسووینو[۶] بود؛ و فابریکه وکیه و نوئووه[۷]، و پاله دوکال که بارها تعمیر و نوسازی شده است نام برد. تعداد کاخهای بزرگ اشراف ونیز از حد شمارش فراتر رفته بود و تعداد زیادی نیز همه‌جا دیده می‌شد.

تکنیک همهٔ این ساختمانها مشابه بود، و با اینکه هزینهٔ ساخت آنها، به‌علت به کاربردن مصالح

---

۱. Heraclea در ایتالیای قدیم، ناحیه‌ای بین خلیج تارانت تا بازیلیکاتای کنونی.

2. Altinum 3. Cà d'Oro 4. Procuratie Vecchie 5. Procuratie Nuove 6. Sansovino

7. Fabbriche Vecchie e Nuove

گرانقیمت و رعایت جنبه‌های هنری، بالا بود، اما ثروت بیکران ونیزیها طی سده‌های دوازدهم تا هفدهم از عهدهٔ آن برمی‌آمد.

همین نکات درباره همهٔ مسکنهای پرشکوهی که در کشورهای دیگر ساخته شده‌اند، مصداق دارند. تکنیکهایی که در ساختن دیوارها، بامها و کف اتاقها به‌کار رفته‌اند، هیچ چیز تازه‌ای را نشان نمی‌دهند. ما می‌توانیم توجه دهیم که دیوارهایی که با تخته‌سنگهای لوحی ساخته شده و روی آنها را با آجر پوشانیده‌اند، به اواخر سدهٔ شانزدهم و شروع سدهٔ هفدهم تعلق دارند. این تکنیک که نمونهٔ آن را در میدان وژ می‌توان دید، به تکنیک لویی سیزدهم شهرت دارد.

لزوم فراهم آوردن مصالح مختلف منجر به ایجاد کارهای گوناگونی شد. آن‌زمان در ساختن خانه از مصالح ارزان‌قیمت مجاور محل ساختمان استفاده می‌شد، و طی سده‌ها، خانه‌هایی یکسان ساخته شدند که برای نمونه می‌توان از خانه‌های نورمنها نام برد که دیوارهای چوبی قاب شده عریان و اندودی از خاک رس داشتند. برعکس، امکاناتی که وفور ثروت ایجاد کرد، تنوع خانه‌ها را به‌بار آورد که بر محور اصلی میل به نشان دادن ثروت و یا زندگی در محلی امن دور از گزند مهاجمان بود.

کاخها: درحالی‌که تجمل ساختمانهای ونیز با تندیسهای هوش‌ربا، نقاشیها و تذهیب‌کاریهای خود بر روی شاخابها می‌درخشیدند اما زندگی سیاسی فلورانس مستلزم ساخت خانه‌هایی بود که دربرابر هجومها پایدار باشند. در روزهای پایانی سدهٔ سیزدهم تکنیک ساختمانی از پالاتسووکیو (کاخ قدیمی)، کار آرنولفودی کامبیو[1]ـ بدون نظم، با پنجره‌های تک‌تک و کوچک در طبقهٔ همکف و دیوارهایی از بالا تا پایین سراسر با رجهایی از سنگ تراشیده سخت ـ و پالاتسادل پودستا[2] (= بار جلو، ساختمان آن در سال ۱۲۵۵ آغاز شد)، تا کاخهای سدهٔ پانزدهم، همگی را می‌توان تکنیک دژسازی دانست. در این دوره لازم بود که خانواده‌های بزرگ گیبلین، به‌هنگام شورش گوئلف‌ها و دورانهای قتل و غارت چومبی[3]، پیانیونی[4] و گریندگانی که جیرولامو ساوونارولا علیه ثروتمندان ایجاد کرد، در امان باشند.

در سدهٔ پانزدهم نیزکاخهای استروتتسی[5] (ساختهٔ بندتو دا مائیانو[6] ۱۴۸۳) وکاخهای ریکاردی (مدیچیها) در طبقهٔ همکف با سنگهای ناتراشی ساخته شده بودند که از بیرون، نمای خانه‌های

---

۱. Arnolfo di Cambio ۱۲۳۲ـ۱۳۰۰ معمار فلورانسی، شاگرد نیکلاپیسانو.

2. Palais du Podesta (Bargello) 3. Ciompi 4. Piagnoni 5. Strozzi 6. Benedetto de Maiano

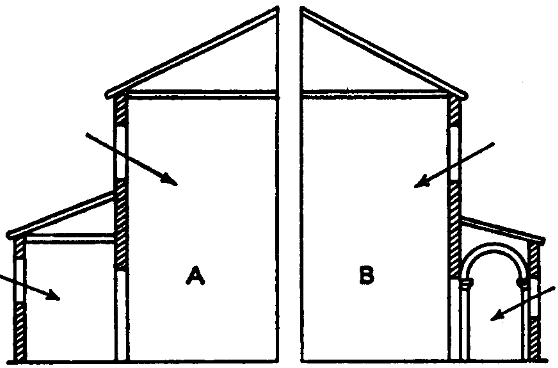
روستایی را داشتند و پنجره‌های آنها (استروتتسی) بسیار کوچک و با میله‌های بزرگ آهنی حفاظ شده بود؛ و بدین‌ترتیب امکان بستن ورودی کاخها و نیز سنگر گرفتن در آنها وجود داشت. کاخ پیتی[1]، منزلگاهی زمخت و غریب که آغاز ساخت آن با برونلسکی بود و بین سالهای ۱۴۴۰ و ۱۴۶۵ ساخته شد، توده‌ای از قطعه‌سنگهای مکعبی بر روی هم قرار گرفته را می‌ماند.

با حجم این بلوکهای بزرگ، برحسب نمای خارجی می‌بایست بسیار سنگین باشند و انتقال آنها از معدن به محل ساختمان هزینهٔ گزافی طلب می‌کرد. این نما تا حدودی گول‌زننده است. تودهٔ عظیم ساختمان آن را می‌توان کوهی از آجر دانست. آجر فراوان بود. رگه‌های خاک رس که برای ساختن آجر مورد نیاز بود در نزدیکی محل قرار داشت. این رگه‌ها ذخیره‌ای از دانه‌های ریز بودند که در آب دارای جریان بسیار آهسته، رسوب کرده بودند. این شرایط در دشتهای گسترده آبرفتهای جریانهای پایینی رودها (پو، آرنو، حتی تیبر)، که شیب بسیار کم آنها جریان آب را بسیار آهسته کرده است، جمع هستند. پوشش بیرونی سنگها، روکش بسیار نازکی ایجاد کرده است که نمای بیرونی آن، همین برجستگیهای آشکار را به‌وجود آورده است.

در این کشور که آجر ارزان و کاربرد آن فراوان بود، معمولاً از آن به‌عنوان مصالح اصلی کار استفاده می‌شد و پوسته‌ای از سنگ یا حتی سنگ مرمر بر روی آن قرار می‌دادند و نمای یکنواختی به‌دست می‌آمد. سردرهای ساختمانها هم حالت خاصی نداشتند و هیچ رابطه‌ای با درون ساختمان در نظر گرفته نمی‌شد. نمونه‌های بدیعی هنوز وجود دارند مانند سردر سان لورنتسو[2] در فلورانس که از آجرهای غیرنمایی و عریان است و هیچ زینتکاری روی آن نیست. در ساختمانهای دیگر نیز، نظیر سانتا کروچه و سانتا ماریانوولا[3] (هر دو در فلورانس) نمای سر در یک دکوراسیون مصنوعی است که احتمالاً سده‌ها پس از پایان کار ساختمانی انجام گرفته است.

برای ساختن کاخها و دژها به تکنیکهای ساختمانی ویژه‌ای نیاز احساس نمی‌شد، تنها هزینهٔ ساختمان بود که آنها را از خانه‌های معمولی متمایز می‌ساخت. مثلاً کاخ ژاک کور[4] در شهر بورژ (۱۴۴۳ـ۱۴۵۳)، دژ وولو ویکنت[5] که طی پنج سال (۱۶۵۶ـ۱۶۶۱) ساختمان آن به درازا کشید و ۱۸۰۰۰ کارگر در آن مشغول بودند. هزینهٔ ساخت این کاخ برای نیکلا فوکه[6]، مالک آن به فرانک سال ۱۹۵۹ بالغ بر ده میلیارد شد. فوکه برای ساختن این کاخ از معماران پرآوازه‌ای مانند لووو، لوبرون و لونوتر استفاده کرد و رشک لویی چهاردهم بر فوکه سبب شد که لویی کاخ ورسای را با همان معماران هنرمند ایجاد کند.

1. Pitti 2. San Lorenzo 3. Santa Maria Novella 4. Jacques Coeur 5. Vaux-Le-Vicomte 6. N. Fouquet



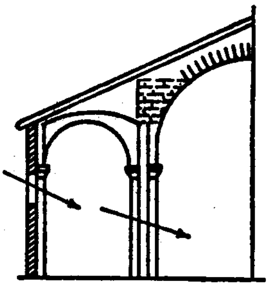
شکل ۲۲۹.الف، روشن‌سازی شبستان.

کلیساها: در کار ساخت بناهای بزرگ، بویژه کلیساها، که طرح، نقشه (برش قائم) و نوع مصالح آن اجرای کار را مشروط می‌سازند، مشکل تکنیکی بیشتر و رفع آنها دشوارتر است.

بناهای بزرگ که می‌بایست از تعداد زیادی پذیرایی کنند، می‌بایست کاملاً روشن و مسقف باشند. رابطهٔ بین پنجره‌های موجود در دیوارها و استحکام آنها دربرابر وزن و فشارهای سقف است که معمار یا سازنده را به راه‌حلهای سنجیده، جسورانه یا افراطی راهنما می‌باشد و تحلیل آنها نشان‌دهندهٔ تحول تکنیک است.

راه‌حل بسیار سادهٔ ساختمانهای بزرگ مسقف، ایجاد یک شبستان بوسیلهٔ دو دیوار است که با بامی از چوب پوشیده می‌شود (شکل ۲۲۹ الف).چنانچه این شبستان، دارای راهروی جانبی باشد، سقف این راهرو از سقف شبستان، بسیار کوتاهتر است و قسمت بالای دیوار آزاد می‌شود و می‌توان در آن پنجره باز کرد. پنجره‌های پایینتر راهروی جانبی و نیز پنجره‌های دیوارهای شبستان نور را وارد محوطه می‌سازد. در مورد سقف کلیسا باید گفت آن را برهنه می‌گذاشتند. تیرهای حمال، تیرهای مهاری و ستون خرپا را گاهی رنگ یا نقش‌ونگار می‌کردند و گاهی محلی از سقف که تیرهای مهاری خرپا هستند، قاب‌گذاری و روی قابها نقاشی می‌شد. ما با این نوع سقف که در گذشته به آن اشاره شده است، هم در ایتالیای شمالی (فلورانس، روم) و هم ایتالیای جنوبی (ناپل و سیسیل) زیاد برمی‌خوریم.

چنانچه دیوارهای شبستان زیاد بلند بودند، احتمالاً پایداری کافی نداشتند. در چنین حالتی یک راهروی جانبی با طاق گهواره‌ای (یا غالباً طاق و تویزه) و نیز با قفل کردن پایهٔ آن، پایداری



شکل ۲۳۰.روشن‌سازی کلیسای طاقدار.

دیوارها افزایش می‌یافت و بدین‌ترتیب ایجاد پنجره در دیوارهای جانبی اشکالی پیش نمی‌آورد (شکل ۲۲۹ ب)، بویژه اگر طاق و تویزهٔ این راهرو که از دیوار داخلی جدا بود، مکان لازم برای ایجاد پنجره‌ها را در اختیار می‌گذاشت. اگر یک شبستان و راهروی جانبی طاقدار آن در قسمتهای فوقانی ساختمان، فاقد جای باز بودند، پنجره تنها در دیوار راهروی جانبی گذارده می‌شد (شکل ۲۳۰).

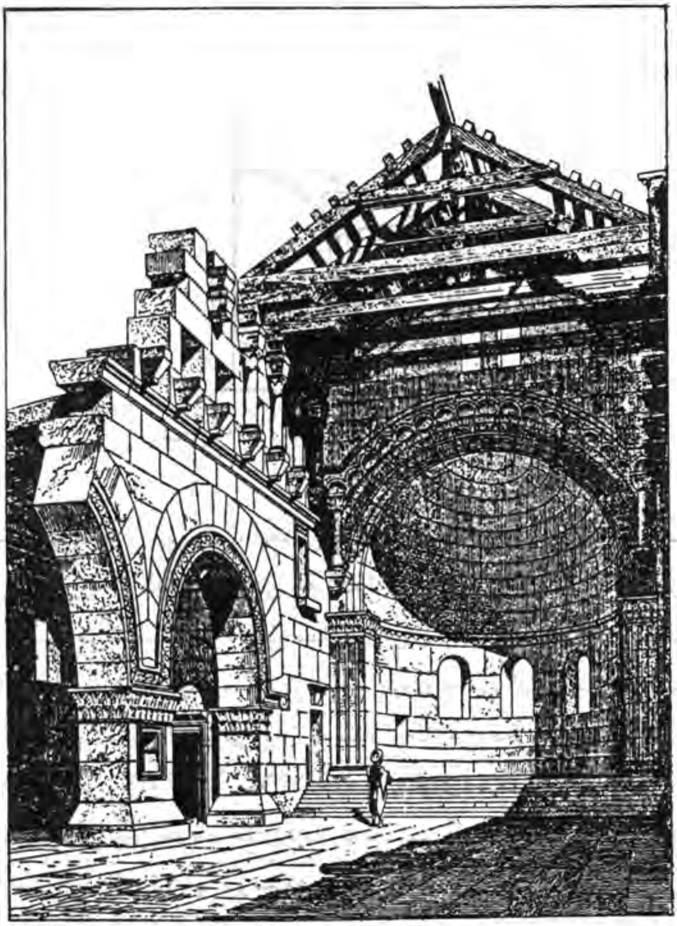
این نوع سقف‌زنی، سده‌های متوالی برای شبستانها به‌کار می‌رفت. نمونه‌های زیبای این طرزکار حتی در شرق هم باقی مانده است (مثلاً کلیسای قلب‌ـلوزی، شکل ۲۳۱،اقتباس از ووگوئه[1]).

اما سقفهای چوبی ناچار معایب جدی دارند که نخستین آنها خطر آتش‌سوزی است. در ویرانی گسترده‌ای که به‌دنبال یورش نورمنها در سده‌های نهم و دهم پدید آمد، در همه‌جا آتش‌گرفتن خرپا و ویرانی ساختمان ذکر شده است.

حوادث دیگری، گرچه زیاد نبودند، سبب شدند که سقفهای چوبی با طاقهای سنگی تعویض گردند: کلیسای صومعهٔ بولیو[2] (نزدیک لوش[3]) که در سال ۱۰۰۴ بوسیلهٔ فولک نرا[4] پایه‌گذاری شد، در سال ۱۰۱۲ در آستانهٔ مراسم تقدیس آن، طوفان، شیروانی آن را با خود برد. بام آن را بسرعت ترمیم کردند، اما از این حادثه نتیجه گرفته شد که طاقهای سنگی بیشتر مطمئن هستند و پس از سال ۱۰۵۰ به‌جای شیروانی روی آن را با طاقی پوشانیدند.

پس از آنکه نورمنها در یک‌جا ساکن شدند و بر اساس پیمان سن کلر‌ـسور‌ـاپت[5] آرام شدند، قتل و غارتهای دیگر به سوختن کلیساها و صومعه‌ها انجامید. باید گفت که مجارها بارها این کشور

1. Vogué 2. Beaulieu 3. Loches 4. Foulques Nerra 5. Saint-Clair-sur-Epte



شکل ۲۳۱.کلیسای قلب‌ـلوزی (از ووگوئه).

را تا بورگونی (تورنو[1] ۹۳۷) غارت کرده‌اند. به‌هنگام بازسازی ویرانه‌های رقت‌انگیز، معماران ناگزیر توجه یافته‌اند که مصالحی به‌کار ببرند که دربرابر آتش‌سوزی و حتی آشفتگیهای هوا پایدارتر باشند. نتیجهٔ این توجه پذیرفتن و رواج سیستمهای طاقزنی بود که در آن هنگام با آنها بخوبی آشنا بودند و جهان روم باستان و یادمانهای شرقی نمونه‌های متعددی از آنها برجای گذاشته بود.

۱. Tournus محلی در ولایت سن‌ـا‌ـلوار، کنار رودخانه سن در فرانسه.

ساختن طاقها: اما دربرابر معماران سازندهٔ طاق دشواریهای تازه‌ای قد برافراشتند. برای ساختن طاق لازم بود مصالح را روی شابلونی پهلوی هم قرار داد که چنانچه طاق ارتفاع زیادی داشت، گران تمام می‌شد. می‌بایست درک شود که طاق بر روی دیوارهای جانبی فشار وارد می‌کند و آنها را به ویرانی سوق می‌دهد.

معماران مدتها برای حل رضایتبخش این مشکل کوشیدند. تنها تکرار حوادث آتش‌سوزی بود که آنها را گام‌به‌گام به‌دست کشیدن از اجرای سقفهای چوبی و روی‌نهادن به طاقهای ساخته شده از مصالح خاکی تحریض نمود. معمارانی که در دوران پس از سال ۱۰۰۰ کار می‌کردند، دربارهٔ فشارهایی که طاق بر روی دیوارهای حمال وارد می‌سازد و نیز بر روی ابعادی که برای آنها در نظر می‌گرفتند، اطلاعات نظری دقیقی نداشتند.

بهترین دانشمندان آن زمان، ریاضیات را دانشی می‌دانستند که ویژهٔ حل دشواریهای نظری است، نه گشودن مشکلات کاری. آنها خصوصیات نهفته در اعداد را بررسی می‌کردند، نه ترکیب آنها را. نه‌تنها در پایان قرون وسطی بلکه در چند سدهٔ پس از آن نیز، هیچ ریاضیدانی وسیلهٔ گشودن دشواریهای مکانیک آماری، فشارها، تفکیک نیروها، ممانهای سرنگون کردن دیوارهای حمال در اختیار نداشت.

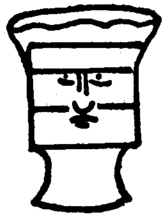
در سدهٔ دوازدهم، اعراب اسپانیا یاسیسیل دانش یونان باستان را به اروپاییان انتقال دادند. لئوناردو از طریق بلز پارمایی با سنتهای مکتب یوردانوس نموراریوس[1] که پایه‌گذار تفکر سیمون استوین[2] و گالیله بود، آشنا شد؛ بدین‌ترتیب باید گفت که فقط در سدهٔ هفدهم بود که دانش واقعی قابل استفاده در این زمینه جا افتاد.

انتساب چنین دانشی به معماران کلیساهای رومانسک وگوتیک عصر طلایی (سده‌های سیزدهم و چهاردهم)، که چیزی از آن نمی‌دانستند، کار خطایی است. بدون یادداشت و محاسبه، گاهی بدون تأمل می‌گویند که سازندگان این نوع کلیساها می‌بایست عناصر این محاسبه را می‌دانستند و آنها را پنهان می‌داشتند و به همین‌دلیل ما اکنون از آنها بیخبریم.

مروری بر یادداشتهای ویلاردو اونکور برخی مورخان را معتقد ساخته است که او با تکنیکی که در آن زمان بسیار پیشرفته بود، آشنایی داشته است. معذلک چنانچه بر روی این یادداشتها بدقت توجه شود، بی‌درنگ معلوم می‌شود که خطوط هندسی این کروکیها، تنها برپایهٔ تناسب صورت

۱. Jordanus Nemorarius فوت حدود سال ۱۲۳۷، ریاضیدان آلمانی که نظریهٔ تصویر استریوگرافیک را پایه گذارد.

۲. S. Stevin ۱۵۴۸ـ۱۶۲۰ ریاضیدان هلندی متولد بروژ، مهندس نظامی و شهرساز.



شکل ۲۳۲.تناسب صورت (ویلاردو اونکور).

انسان رسم شده‌اند (شکل ۲۳۲)،یا چند ضلعیهای منتظمی هستند که بر روی نقاط اصلی صورت منطبق می‌باشند (شکل ۲۳۳، ستاره پنج‌پر).

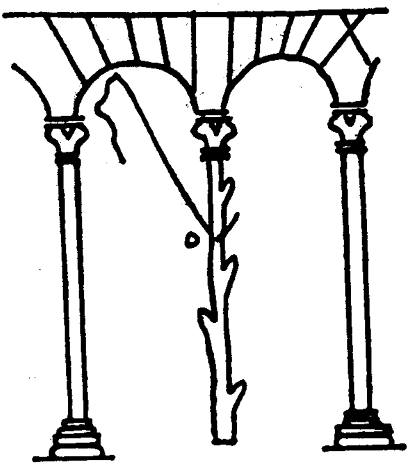
در بررسی ساختمانهای واقعی (شکل ۲۳۴)ملاحظاتی انجام گرفته است که نشان می‌دهد که با استفاده از سنگهای گوه‌ای شکل، برای ساختن یک طاق کوتاه قوس از مرکز O، می‌توان فاصلهٔ دهانهٔ یک درآیگاه را با حذف یک ستون، دوبرابر ساخت. بریدن سنگها هم تا حد نسبتهای ساده اضلاع یک مثلث کاهش می‌یابد (شکل ۲۳۵).

درگذر سدهٔ سیزدهم، طبق دست‌نوشت ویلاردوانکور، رسم یک طاق، تنها عبارت از ترسیم قوسی از مرکز معینی است (شکل ۲۳۶).همین شعاعها برای رسم یک طاق دور تمام با مرکز O به‌کار گرفته می‌شدند و طاق را با مرکزهای O_1O_2 یا O_1O_3 یا O_4 نشان می‌دادند. بنابراین قوسها را با سه، چهار و ... نقطه ایجاد می‌کردند.

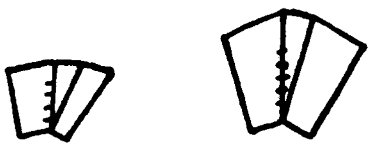
اما در این دست‌نوشتها، از علم مکانیک، که برای بنا کردن سنجیدهٔ طاقهای واقعاً پایدار و مستقر



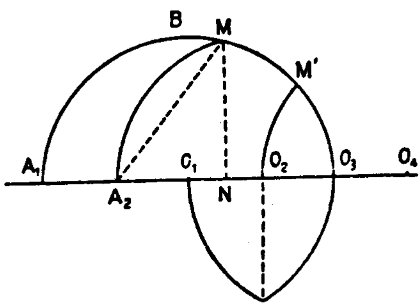
شکل ۲۳۳.صورتی‌که در ستارهٔ پنج‌پر منقوش است (ویلاردو اونکور).



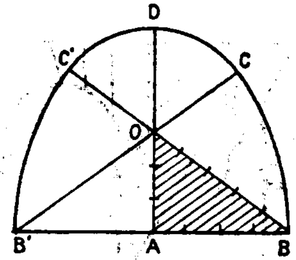
شکل ۲۳۴.حذف یک ستون، سنگهای گوه‌ای طاق (ویلاردو انکور).



شکل ۲۳۵.نقشهٔ سنگ گوه‌ای (ویلاردو اونکور).



شکل ۲۳۶.نقشه‌های طاقها با سه و چهار نقطه (ویلاردو اونکور).



شکل ۲۳۷.طاق فیروزآباد (مثلث مصری).

بر روی دیوارها یا پایه‌ها و پشت‌بند معلق با تناسب منطقی این‌همه اهمیت دارد هیچ اثری دیده نمی‌شود. بنابراین چگونه آن ساختمانهایی که طی سده‌های یازدهم و سیزدهم بتدریج چشمگیرتر می‌شوند ساخته شده‌اند؟

رمز اعداد و اشکال: نقشه‌ها و مقاطع از زمانهای بسیار پیشتر از دوره مورد بررسی ما، با استفاده از نوعی هندسهٔ بسیار ساده نظم یافته‌اند. از دوران باستان به نوعی رمزوراز در مثلثهای متساوی‌الاضلاع و شش‌ضلعیها اعتقاد داشته‌اند، از مثلث مصری (اضلاع ۳ و ۴ و ۵) که وسیلهٔ ساده و سریعی برای وارد کردن خط عمود بود (طناب مساحی قدیمی گره‌هایی براساس اندازه‌های بالا داشت)، اطلاع داشتند. با این مثلث (شکل ۲۳۷،بخش هاشوری)، طولهای اضلاع، نقشهٔ طاقهای ساسانیان (فیروزآباد) داده می‌شود. دهانهٔ $BB' = ۴ \times ۲$، هر دو قوس طاق از رأس مثلث به کمک اضلاع آن کشیده شده است: قوسهای BC و این $B'C'$ از مرکزهای B و B'، قوس $C'DC$ از مرکز O کشیده شده‌اند.

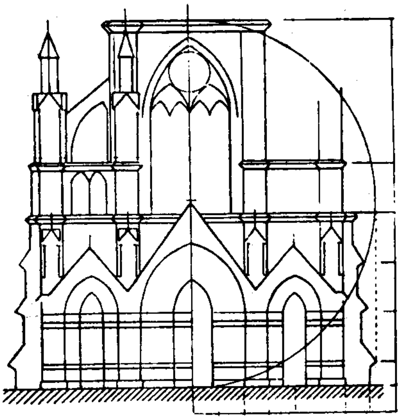
حالت کلی طاقها و قوسهای سانتا سوفیا[1] (سدهٔ ششم، ایاصوفیه فعلی در قسطنطنیه) در خطوط اصلی دیوارها، گنبد، طاقهای ربع دایره‌ای، استفاده مکرر از مثلثهای متساوی‌الاضلاع را القاء می‌کند.

این انعکاسی از رمز فیثاغورسی اشکال هندسی و تأثیر ماندگار اجرام افلاطونی است که اصل همهٔ عناصر را به اجسام منتظم منجر می‌کرد و طی سده‌ها دوام یافت.

اما از سده‌های یازدهم و سیزدهم، تنها چیزی که باقی مانده است، کاربرد بسیار ابتدایی چند

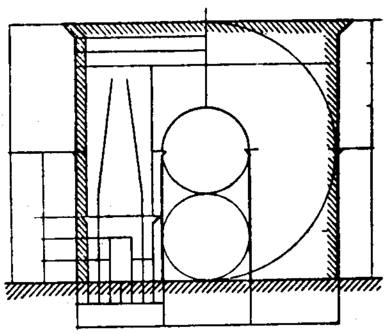
---

۱. Santa Sophia کلیسایی که در سالهای ۵۳۲ـ۵۳۷ ساخته شده است. این کلیسا با رهبری آنتمیوس ترالسی و ایسیدور ملطی به فرمان یوستینیانوس ساخته شد. ترکها پس از تسخیر قسطنطنیه آن را تبدیل به مسجد کردند و اکنون موزه است.



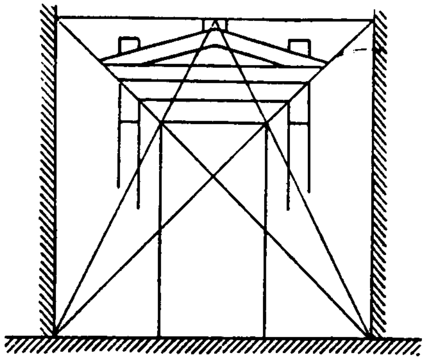
شکل ۲۳۸.نقشهٔ نمای کلیسای جامع (سدهٔ سیزدهم).

شکل هندسی ساده می‌باشد. از سدهٔ سیزدهم یک نقشهٔ هندسی از نمای یک کلیسای جامع در دست است (شکل ۲۳۸).این نقشه از مستطیلها و مثلثهای بسیار ساده تشکیل شده است. تصور می‌شد که تنها این نسبتها می‌توانند جنبه‌ای هماهنگ ایجاد کنند و طی سده‌های متوالی در متناسب کردن کارهای هنری به‌شکل مشابهی تأثیر داشته‌اند (شکل ۲۳۹،دروازهٔ سن دنی[1]، کار فرانسوا بلوندل[2]، معمار پرآوازه‌ای که دربارهٔ او بیشتر صحبت خواهیم کرد). در دوران رنسانس و دورهٔ کلاسیک برای دروازه‌ها (شکل ۲۴۰)و موضوعات تزیینی (شکل ۲۴۱)همین امر رعایت می‌شد.



شکل ۲۳۹.نقشهٔ دروازهٔ سن دنی (ف. بلوندل).

1. Saint-Denis 2. F. Blondel

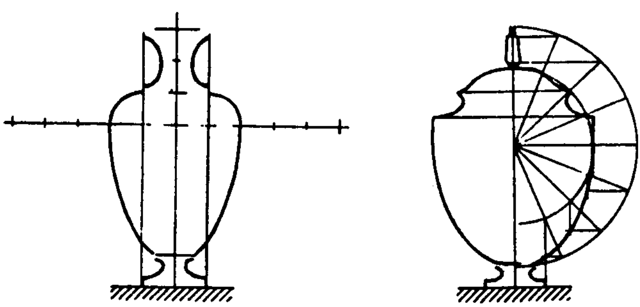


شکل ۲۴۰.نقشهٔ یک دروازه.

رمز اعداد به رمز اشکال افزوده می‌شود. خصوصیاتهای اعداد نوعی حالت رازگونه‌ای را القاء می‌کنند. تورات در اصل، طبیعت رازورانه و باطنهایی دارد. اما در صومعه‌ها با این انحراف درکاربرد اعداد برخورد می‌شود و ریاضیات مشکوک به‌نظر می‌رسد. آبلار ریاضیات را خطرناک و نکبت‌آور اعلام می‌دارد.

معذلک اعداد ۳ و ۷ و ۱۲ و برای اندازه‌های بزرگ، نسبتهای اعداد گرد: ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۱۰۰ معمولاً به‌کار می‌رفتند.

بنابراین جز روشهای بسیار سادهٔ ریاضی چیز دیگری در کار نبود. در یادداشتهای ویلاردو اونکور، موضوع دشواریهای ثبات و تعادل وزنها هیچ‌جا مطرح نمی‌شود. در زمانهای بسیار پس



شکل ۲۴۱.نقشهٔ یک گلدان تزیینی.

از وی، باسیمون استوین بروژی (۱۵۴۸ـ۱۶۲۰)، ژیل پرسون روبروال (۱۶۰۲ـ۱۶۷۵)، نیوتن (۱۶۴۳ـ۱۷۲۷) و پیر وارینیون[1] (۱۶۴۴ـ۱۷۲۲) بود، که مفهوم روشنی از نیروها و ترکیب آنها را ارائه دادند. بدین‌ترتیب ساختن بناهای بزرگ با تجربهٔ عملی و کورکورانه انجام می‌یافت، نه برپایهٔ اطلاعات علمی که مخفی نگاه داشته می‌شد.

وانگهی زمانی از حیطهٔ دانش نظری به قسمت حرفه‌ها که با جسم سروکار دارند، وارد می‌شدند، نسبت به نتیجهٔ کار، به‌دیدهٔ حقارت می‌نگریستند. در این دوران دانش، همان‌طورکه در سیستم افلاطونی سنجیده می‌شد، گفت‌وگوهایی دربارهٔ اشکال ایده‌آل، اعداد و نظرات ارسطویی در مورد حرکت بود؛ به‌عبارت دیگر اطلاعات مبهمی از مکانیک بود که با متافیزیک بیش از مکانیک استاتیک شباهت داشت. در زمینهٔ حرکت تا مدتها پیش از آنکه مفهوم وزن و نیرو روشن گردد، از ضربهٔ نخستین گفت‌وگو می‌شد.

مصالح ساختمانی باستان: با این‌همه باید پذیرفت که ساختمانهایی چنان باشکوه و حیرت‌انگیز ایجاد شده‌اند و انسان علاقه‌مند است بداند که برپایهٔ کدام وسیلهٔ نظری یا عملی ساخته شده‌اند.

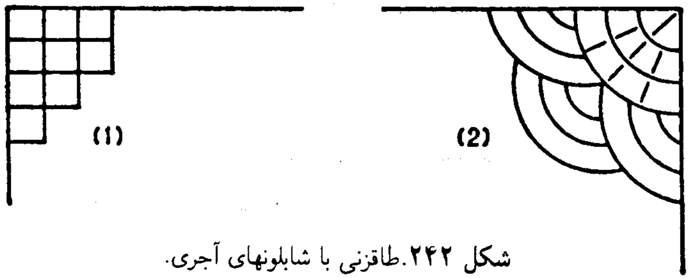
آنچه که در تحول تکنیکهای ساختمانی برجسته است کار طاقزنی است که با مصالح ساختمانی در دسترس معماران اجرا می‌شده است و نیز روشی که از این مصالح استفاده می‌شد.

ساختمانهایی که از روم باستان باقی مانده‌اند، مورد تحسین و بررسی معماران تمام دورانها تا زمان رنسانس بوده‌اند و در رنسانس برای ساختمانهای بزرگ از آنها الهام گرفته‌اند. بنای پانتئون آگریپا (روم) از این جنبه، بسیار اهمیت دارد. مشخصات این بنا یک‌به‌یک باید مورد عنایت قرار گیرد. طاق این بنا با سیمانی از آهک و پوتسولان ساخته شده و تشکیل بتون یکپارچه‌ای داده که دربرابر فشارهای داخلی بسیار پایدار است.

طاق بر روی دیوارهای عمودی بالا می‌رفت. دیوارهای ادامهٔ طاق و در همان زمان پشتیبان آن می‌باشند. برای زدن طاق، رجهایی از بتون، قلوه‌سنگ و ملاط را به‌طور افقی روی هم می‌چیدند. چون این طاق دارای رجهای شعاعی و سنگهای گوه‌ای (قطاعی)، یادآور سنگهای تراشیدهٔ نماهای ساختمانهای خاورمیانه (سوریه و . . .)، نیست، برای گذاردن این چینه‌های بتونی به کارگران ماهر نیازی نبوده است. با این‌همه وجود نوعی پشتیبان دارای شکل مشخص و استحکام کافی لازم بوده است. استعداد رومیها بود که توانست عامل انعطاف‌ناپذیری شابلون را با سبکی زیاد و هزینهٔ بسیارکم با یکدیگر تلفیق کند. طاق رومی درواقع طاقی یکپارچه بود که در یک چوب‌بست زده می‌شد و با خود این چوب‌بست یکی می‌شد.

---

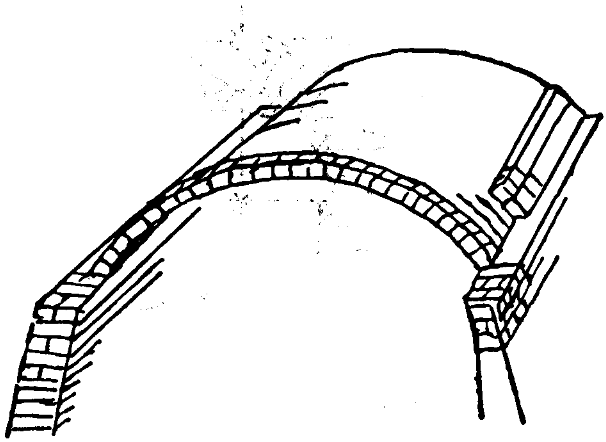
1. P. Varignon



شکل ۲۴۲.طاقزنی با شابلونهای آجری.

کاربرد آجر، که سبک و محکم است، امکان ساختن چنین چوب‌بستی را فراهم ساخت. برای این منظور، دهانه‌ای تشکیل شد که رجی از آجرهای مسطح در زیر آن بود. گاهی حتی رگه‌هایی از آجر این اسکلت آجری را تقویت می‌کرد و صندوقه و شابلونی تشکیل می‌شد. این نوع آجرکاری خمیده بود. بتون را روی اسکلت آجری می‌ریختند و با آن یکی می‌شد. وقتی‌که لایه‌ای از ملاط روی این کار ریخته می‌شد و خود را می‌گرفت، قوسی ثابت تشکیل می‌شد که شامل اسکلت_صندوقه یکی شده بود. بتون جامد در ثابت نگهداشتن بقیهٔ شابلون آجری مؤثر بود و تا زمانی‌که آن‌هم با کار یکپارچه نشده بود، شابلون را در جای خود محکم نگاه می‌داشت.

این نوع آجرکاری خمیده که طاق را تشکیل داده، محکم است و در ایتالیا، بویژه روم کاربرد آن ادامه یافت. حتی در دوران ما هم با آجرهایی که صاف گذاشته می‌شود، سقفهای محدبی می‌سازند. اما رومیهای قدیم به این دل خوش داشتند که از آنها به‌عنوان پشتیبان بتونی استفاده کنند. اگر قضاوت در مورد آن را به عهدهٔ کارگران ایتالیا که هنوز آن را به‌کار می‌برند واگذاریم، می‌توان باور کرد که رومیها کار را بدون پشتوانه و در هوا اجرا می‌کردند. آنها بدون اینکه شابلونی به‌کار برند، آجرهای گوه‌ای شکل را پشت‌سرهم می‌چیدند و یا به‌شکل بادبزنی قرار می‌دادند (شکل ۲۴۲).بادبزنهای کوچک، زمانی‌که دکوراسیونی وجود نداشت، طاق را می‌پوشانیدند. چنین موردی را می‌توان در طاق مقبره دیوکلسین در اسپلیت دید. این مقبره اکنون تبدیل به کلیسای جامعی شده است. هر آجر صاف روی دو آجر پهلویی تکیه دارد؛ دو آجر پهلویی بابندهای گچی که بسرعت خود را می‌گیرد، درجا محکم شده‌اند و این امر امکان کارکردن در هوا و بدون پشتیبان را فراهم می‌کند. وقتی‌که آن را با مصالح بنّایی پوشانیدند، طاق تبدیل به یک قطعه می‌شود که بدون اینکه فشارهای افقی ایجاد کند، روی دیوارها قرار می‌گیرد.

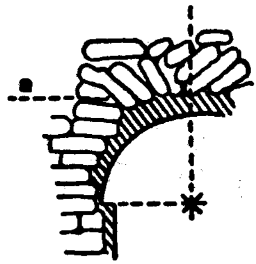


شکل ۲۴۳.طاق تیسفون خسرو انوشیروان.

طاق پانتئون روم (سدهٔ نخست پیش از میلاد) که یک نیمدایرهٔ عظیم است، روی دیوارها قرار دارد و یک بشکهٔ گرد ایجاد شده است. خود این دیوارها با داشتن تورفتگیهای عمیق سبک شده‌اند، این تورفتگیها در دیوار ایجاد ترک نکرده‌اند، این دیوارها متحمل هیچ فشارهای جانبی نیستند.

بدین‌ترتیب دیوارهای پشتیبان جانبی بدون تأثیر مانده‌اند. معذلک دیوارهای سالنهای مجاور در بناهای دارای نقشهٔ پیچیده می‌توانند برای تکیه زدن طاقها یا گنبدهای مجاور خدمت کنند. این مجموعهٔ متعادل طاقهایی که به‌یکدیگر تکیه کرده‌اند، می‌تواند در مواردی که در طاقهای خمیده، ترکهایی ایجاد می‌شوند ونیز به‌عنوان تقویت تکمیلی طاقهایی که بر خود تکیه دارند، مؤثر باشد.

همین گرایش به ساختن طاقهای بدون چوب‌بست یا شابلونهای چوبی موقتی، بویژه در کشورهایی که درخت کم بود، در تکنیک ساختمانهای بزرگ شرقی خود را نشان می‌دهد. ساختن طاقهای عریض (کاخ تیسفون خسرو انوشیروان، سدهٔ سوم میلادی، شکل ۲۴۳)از این لحاظ بسیار جالب است. طاق نازک و سبکی که به‌شکل پیشامده ساخته شده بر روی دو دیوار قرار دارد؛ بنابراین آن‌طورکه معلوم است به پشتوان نیازی ندارد. این طاق از روی‌هم چیده شدن قوسها تشکیل شده‌است. قوس پایینی بدون هرگونه شابلون چیده شده است و از قطعات سبکی تشکیل شده است که بر قطعات مجاور خود که قبلاً کار گذاشته شده‌اند، تکیه دارند. در اینجا هم همین قطعات سبک آجر، می‌توانند یکی پس از دیگری با بندکشی با گچ که بسرعت می‌گیرد، کار گذارده شوند. نخستین قوس را می‌توان بر روی دیواری موقتی که بالای آن شکل قوس را دارد، چید. این



شکل ۲۴۴.طاق ساسانیان (فارس).

قوس می‌تواند برای دومی، همچون شابلونی به‌کار گرفته شود و دومی برای سومی و . . . .

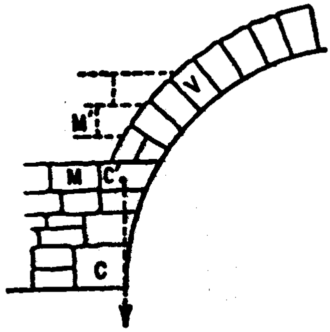
تأثیر کلونی: معماران بورگونی و بویژه سازندگان بناهای کلونی، که برنامهٔ گسترده‌ای از ساختمانهای کوچک و ارزان قیمت به‌عهده گرفته بودند، از روشهای بکلی متفاوت استفاده می‌کردند. این دوران (سدهٔ دهم و نیمهٔ نخست یازدهم) را عصر کشیشان بزرگ ـ مایول[1] و اودیلون[2]ـ نامیده‌اند که هم دیر معروف کلونی را توسعه دادند، و هم اصول انجیل را در کشوری که از عمل به مسیحیت هنوز فاصلهٔ زیادی داشت، مجرا داشتند. این کشیشان که تیمی را تشکیل داده‌بودند و با یکدیگر همکاری داشتند، کارهای بزرگی را به انجام رسانیدند، توان آنها در زمان خودشان فوق‌العاده بود.

کشیش کلونی برای گسترش نفوذ و اعمال احکام مسیحیت، چند منطقهٔ کلیسایی را در اختیار گرفت که در اکثر موارد، کشیشان کلونی از درآمدهای آن مناطق استفاده می‌کردند. تعداد زیادی کلیسای کوچک در روستاهای محقر ساخته شد. ادارهٔ چنین تأسیسات گسترده‌ای نیاز به مرکز سازمان یافته‌ای، بویژه در کلونی داشت که آنچه را که در محل بود، از آن جمله انبوه روستاییان را، در غیر مواقع کارهای سنگین کشاورزی (کاشت، برداشت و خرمنکوبی)، به‌عنوان وسایل خاص خود به‌کار می‌گرفت.

سادگی ساختمان امری ناگزیر بود، زیرا مصالح ساختمان را می‌بایست در محل و به آسانی به‌دست آورد. از این‌روی ساختن طاقها با مصالح زمخت و ناتراشی انجام می‌گرفت که با ملاطی به یکدیگر می‌چسبیدند و با اندودی از داخل پوشیده می‌شدند تا ناهمواریهای مصالح به‌کار رفته جبران شود.

با این‌همه این روش ساختمان، چیز تازه‌ای نبود. نمونه‌های متعددی از آن در معماری ساسانیان وجود دارد (شکل ۲۴۴، فارس).تا سطح a آن را به‌طور پیشامده، بدون دشواری و شابلون بالا

1. Mayeul 2. Odilon



شکل ۲۴۵.طاق ساخته شده از سنگهای تراشیده، از طاقگاه به‌طور پیشامده زده شده است.

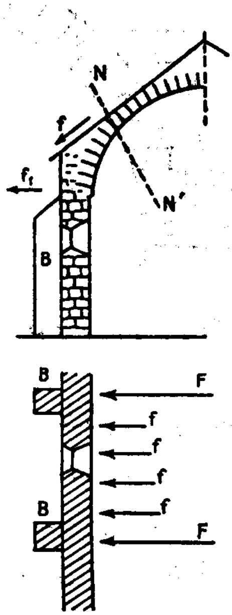
آورده‌اند، به‌طوری‌که در آن، مصالح بنّایی به‌شکل یک توده واحد، خود را نگاه می‌داشتند.

طاق دور تمام: اگر طاق نوکدار با زاویهٔ حاده تندی ساخته شود، می‌توان روی آن رجهای پیشامده‌ای تا خود نوک‌چید و نیازی به چوب‌بست نیست. این روش از دورانهای اولیهٔ باستانی رسم بوده است (یادمان به‌اصطلاح گنجینهٔ اترئوس[1] در میسن[2]). این تکنیک در کاتالونیای فرانسه دیده شده است (حدود ۱۰۰۰ میلادی). اما در دوران مورد بررسی، شروع تکنیک طاقزنی را معمولاً طاقهای دور تمام می‌دانند که برای ساختن آن شابلون لازم است. درواقع، گرچه می‌توانستند نخستین رجهای طاق را بالا ببرند، اما بعداً که لازم بود مصالح خود طاق کار گذاشته شود و طاق بر روی دو دیوار حمال قرار گیرد، این امر بدون شابلون امکان نداشت.

این روش برای طاقهای ساخته شده از سنگهای تراشیده نیز اجرا می‌شد (شکل ۲۴۵).دیوار Mرجهای پیشامده C تا C′ طاق را نگاه می‌دارد و وزن آنها فقط روی قاعدهٔ دیوار فشار می‌آورد. در بالای آن سنگهای گوه‌ای V بر روی آخرین رج افقی C′ قرار می‌گیرند. قسمت M′ با رجهای افقی خود که بر روی آخرین رج چینهٔ MC′ قرار گرفته‌اند، حکم نوعی پشت‌بند را دارند.

یک نقطهٔ شکستگی (N-N′، شکل ۲۴۶) در طاق وجود دارد که فشارهای محوری (f) در آن بر روی رجهای پیشامده دیوار حامل وارد شده است، و نیز یک فشار f_1 واژگون‌کنندهٔ بر روی دیوار. شمع B فشار اخیر را جبران می‌کند، اما همین‌که مصالح بنّایی را به‌جای سقفهای چوبی به‌کار بردند، این فشار خود را نشان داد. حال این‌سؤال پیش می‌آید که ضخامت دیوارهای جانبی چه اندازه باشد؟ حلّ این مسأله نه‌تنها منجر به ساختن شمع یا پایه‌های تقویتی دیوار شد بلکه شمع معلق را نیز مطرح ساخت.

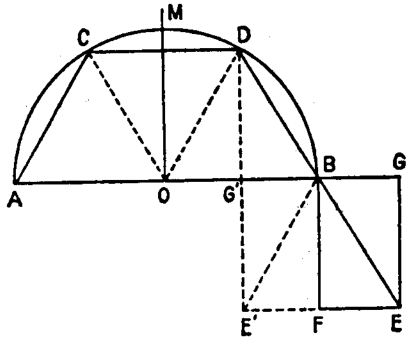
1. Atreus 2. Mycenes



شکل ۲۴۶.فشارهای محوری در طاق، نقاط شکستگی.

چون معماران بهره‌ای از دانش ساختمانی نداشتند، ناچار تجربه می‌کردند و حتی با استدلال به روشهای نیم‌تجربی، نیم استدلالی دست می‌زدند. اثری از این نوع کارهای آنها نه در دست‌نویسها و نه در دفترچه‌های مهندسی آنان نمانده است. ما می‌توانیم بپذیریم که کاربرد ناگزیر شابلون منجر به فرمولبندی چند قاعدهٔ تجربی شده است که به‌روش تعیین اندازهٔ عناصر معماری راهنمایی می‌کنند. سنت به‌کاربردن شش ضلعی در نقشه‌ها، شاید بتواند این راز را بگشاید.

طاق دور تمام ACMDB (شکل ۲۴۷)را در نظر بگیرید. دو تیر AC و DB را که طول آنها برابر شعاع دایره است، می‌توان بر آن قرار داد و بدین‌ترتیب طول آن بدون اشکال معین می‌شود. این دو تیر را می‌توان بوسیلهٔ تیر سومی، CD، که همان طول را دارد، مهار کرد. این شابلون ACDB در اثر گوه‌گذاری به قسمت پایینی طاق، AC و BD که با روش پیشامدگی تقریباً ساخته شده است، فشار آورده و سخت می‌شود. این نوع شابلون‌گذاری مستلزم دانستن اندازهٔ تنها یک طول است که آن‌هم طول نصف دهانهٔ طاق (AB، که شعاع نیمدایرهٔ AMB است) و گذاردن آن نیز



شکل ۲۴۷.شابلونهای مناسب طاق دور تمام.

آسان و بی‌درنگ تنظیم می‌شود. بر روی شابلونی که بدین‌ترتیب ثابت شده است، به‌آسانی می‌توان سنگهای گوه‌ای را قرار داد و قوس AC و نیز قوسهای مربوط به طاق CMD را کامل کرد.

از سوی دیگر می‌بایست ضخامت پشت‌بند را حساب کرد. برای این کار در زمانهای بسیار بعد، در سدهٔ هفدهم قاعده‌ای به‌دست آمد که توهّم قدیمی را تأیید می‌کرد، توهّمی که ظاهراً از زمانهای بسیار قدیم شناخته شده بود و اندازهٔ شابلونهای طاق را معین می‌کرد.

فرانسوا بلوندل (۱۶۱۷ـ۱۶۸۶) فئودال کروازت[۱]، دیپلمات و معمار در اثر معروف خود: *Traite' d'architecture* (۱۶۷۵)، قاعده‌ای تجربی برای تعیین ضخامت پایهٔ طاق داده است: او طاق دور تمام را به سه قسمت مساوی تقسیم می‌کند. این امر به ساختن شش‌گوش ACDB مربوط می‌شود. او ضلع DB را با خط BE با طولی برابر ادامه می‌دهد و FE را به‌عنوان ضخامت پایهٔ طاق به‌دست می‌آورد.

بدین‌ترتیب آغاز این قاعده ممکن است از دورانی باشد که طاقهای دور تمام رواج داشت، و کاملاً منطقی است که آن را ثمرهٔ تجربیات شابلونهای چوبی بدانیم که با شمع‌زدن ساختمان همراه است.

این قاعده آشکارا نادرست است و آقای بلیدور در جلد دوم کتابش *Science des ingénieurs* (۱۷۲۹) بدرستی توجه می‌دهد که وزن طاق و ارتفاع پایه در این قاعده در نظر گرفته نشده است. اما این دو مفهوم: نیرو و جهت آن، ممان واژگون شدن برای کسانی‌که این قاعده را پیشنهاد کرده‌اند،

۱. Croisette مرکز ولایت بوش‌دوررون در جنوب مارسی.

شناخته شده نبودند.

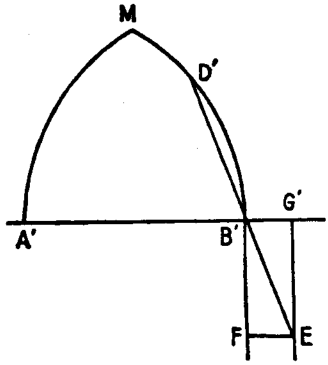
این امر توضیح می‌دهد که چرا با آغاز سدهٔ یازدهم و از آن‌پس طی تمام دورهٔ معماری گوتیک، کاربرد چنین قاعده‌ای با نتایج بسیار بد و حوادث شوم، ایجاد شکاف و درهم ریختن طاقها همراه بوده است. آزمایشهایی برای ترمیم خسارتها انجام گرفت (شمع معلق) که تنها در پرتو کوششهای مکرر موفق شد، استحکامی را که طاق فاقد آن بود به آن بدهد.

حال ببینیم که چگونه این قاعده استقرار یافت؟ احتمال می‌رود که نوعی نتیجه‌گیری منطقی و یا الهام از فشارهایی بود که گمان می‌بردند در کار شابلونهای چوبی وجود دارد (شکل ۲۴۷). شابلون کامل می‌بایست علاوه‌بر قطعات AC و DC و DB و نیز حتی دهانهٔ AB (اگر کوچک باشد)، شامل تیر مهاری AB و دو تیر CO و OD هم می‌باشد که طولهای آنها به‌آسانی معین می‌شود: زیرا آنها شعاع یا قطر دایره می‌باشند. این سیستم بدین‌ترتیب تعادل پایدار دارد و تیر مهاری فشار افقی B را جذب می‌کند. می‌توان با تقریب زیاد این فرضیه را پیش کشید که سیستم متعادل مثلث متساوی‌الاضلاع ODB با سیستم BFE نیم‌مثلثی که از BF و پایهٔ FE تشکیل شده است، متشابه است. این نکته می‌تواند اندیشهٔ فشار مایل در راستای BE را حذف کند، معماران با وارد کردن یک فشار عمودی در کثیرالاضلاع پشتوان، در حقیقت تنها پشتوان عمودی را که مصالح پایه در E اعمال می‌کند، در نظر می‌گرفتند. روشن است که آنها نمی‌توانستند در مورد کاربرد ممان واژگونی دیوار یا فشاری که با واسطهٔ یک بلوک مصالح وارد می‌شود فکر کنند، این مسائل تا سدهٔ هجدهم کاملاً ناشناخته بودند.

کاربرد چنین قاعده‌ای در مورد طاق گهواره‌ای نوکدار، گویا به‌طور اتوماتیک انجام می‌گرفت (شکل ۲۴۸).با شکستن دایره در نقطهٔ M، داریم $MD'=۱/۲\ D'B'$ و از همان راه FE ضخامت پایه به‌دست می‌آید که از ضخامت کاربردی برای طاق دارای همین دهانه، کمتر است. تجربه می‌تواند نشان دهند که طاقهای گهواره‌ای نوکدار کمترین فشار افقی را دارند. علاوه‌براین، این واقعیت که شیب شروع طاق در قسمت $B'D'$ نزدیک به قائم است، پیشامدگی قسمت پایین طاق را آسانتر می‌سازد و اهمیت شابلون را در ساختن قسمت بالای طاق کاهش می‌دهد.

تحول طاقها تکیه‌گاهها و مهارها: چگونگی تحول تکنیک طاقهای غیرچوبی، تکیه‌گاهها و مهارتهای آنها بر اساس درک طاقهای گهواره دور تمام بخوبی روشن می‌شود.

طاق دور تمام (شکل ۲۴۶) را می‌توان با پایه‌های تقویتی BB محکم کرد. اما در بیرون از این نقاط اتکا، آنجا که پنجره گذاشته‌اند، طاق می‌تواند فشارهای ff را وارد سازد. برای اینکه این



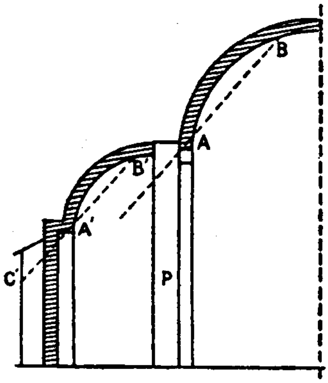
شکل ۲۴۸.نقشهٔ پایهٔ تقویتی (بلوندل).

فشارها از فشارهای تک‌به‌تک، F ،F متعلق به پایه‌های تقویتی، ترکیب شده باشند، می‌بایست که مصالح دیوارها و طاق با یکدیگر یکپارچه گردند، یعنی مصالح باید بتوانند فشارهای f و f را به نقاط مجزای F ،F توزیع کنند. معماران امروزی خصوصیت توانایی انجام دادن این وظیفهٔ توزیع‌کننده را به مصالح سنگی ترکیب شده با آهک یا حتی سیمان نسبت نمی‌دهند، و حال آنکه در قدیم، زمانی‌که در مصالح ترک ایجاد می‌شد، علت آن را در مصالح سنگی به‌کار رفته می‌جستند.

در ساختن طاقها بر روی دیوارهای حمال، دو اصلاح بتدریج انجام شد. نمونه‌های کهنی مثلاً در کلیسای فارژله ماکون[1] که طاق ساده‌ای بر روی دیوار قرار گرفته است و بین دیوار و طاق جدایی وجود ندارد. طاقهای راهروی جانبی پشتیبان طاقگاه (سنگ زیر قوس طاق) می‌باشند، و وزن آنها روی قوسهاست و از آن طریق روی ستونهای ضخیم تحمل می‌شود. این یک طاق اولیه است: ساده، خشن و سنگین. روشنایی درون این طاقها تنها از طریق پنجره‌های راهروی جانبی و قسمت پشت محراب که به‌شکل نیم‌گنبد است و با پنجره‌های متعددی که در دیوار دایره‌ای بریده شده‌اند بهتر روشن می‌شود، برخلاف شبستان که نیم‌تاریک است ـ که نشانهٔ بندهٔ زاهدی است که در تاریکی شبستان روبه‌سوی خدا (نور) دارد.

ساختمانهای متعددی در این دوران قدیمی با این شکل ساخته شده‌اند. به‌عنوان نمونهٔ این ساختمانها می‌توان از طاقهای نخستین بلانو[2]، طاقهای شاپز[3] و طاقهای نخستین کلیسای بزرگ کلونی که یک طاق گهواره‌ای جانشین سقف چوبی شده است (در سال ۹۸۱ این طاق اهدا شده است)، نام برد. این کلیسا در زمان اودیلون (۹۴۴ـ۱۰۴۹) کشیش، مسقف و طاق‌گذاری شد. در

1. Farges-les-Mâcon 2. Blanot 3. Chapaize

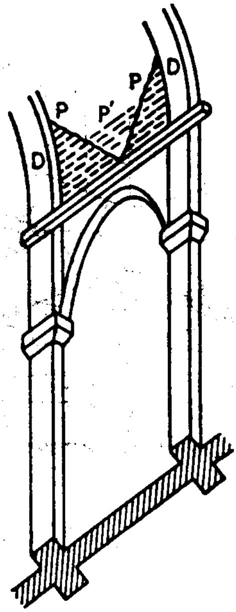


شکل ۲۴۹.طاقگاه و فشارها.

این مورد باید گفت که فقط چند طاق از این نوع باقی مانده‌اند و بقیه در اثر فشار وارد بر دیوارها شکسته و ویران شده‌اند (شاپز، بلانو).

معماران کلیسا در فاصلهٔ سالهای ۱۰۳۰ـ۱۰۵۰، با بینش فطری و تفکر راهنمایی شده‌اند و برای اینکه دیوارها و پایه‌های تقویتی بیش از اندازه قطور نباشند، در نحوهٔ گذاردن طاق روی دیوارها اصلاح مهمی انجام داده‌اند. چنانچه ما (شکل ۲۴۷) طاق (محور OM) را عمود بر دیوار رسم کنیم، قاعده‌ای که در گذشته از آن گفت‌وگو شد به یک دیوار و تقویت B منجر خواهد شد. اگر ما طاق را جلوتر از دیوار، روی پشتیبانهای مجزا قرار دهیم (شکل ۲۴۹)،با بکار بردن همان قاعده، تقویت C′ به‌دست می‌آید که امکان می‌دهد دیوار را در فاصلهٔ میان دو پشتیبان مجزا، سبک کنیم. اما آشکار است که باید طاقگاه (پایهٔ طاق) را روی چیزی، به‌شکل قوسی قبل از دیوار سازمان دهیم تا وزن و فشارها، روی پایه‌های داخلی، که موازی پایه‌های تقویتی هستند، توزیع شوند. برای تکمیل این توزیع، قوسهای دوتایی عریض و اریبی به‌کار می‌برند که طاق را تقسیم می‌کند و آنها هم در راستای پایه‌های داخلی هستند. دیوار بین این تکیه‌گاههای مؤثر را هم می‌توان تا ضخامت یک تیغه کاهش داد.

در این ترتیب نوین معماری، پایه‌ها در جلوی دیوار قرار دارند و قوسهایی که طاق از آنها آغاز می‌شود و قوسهای دوتایی اریب همراستا با پایه‌ها می‌باشند (شکل ۲۵۰).این شبکه‌ای از توزیع فشار است که تعادل طاقهای معروف به گوتیک یا فرانسوی، همان‌طورکه خواهیم دید، از آن نتیجه می‌شود.



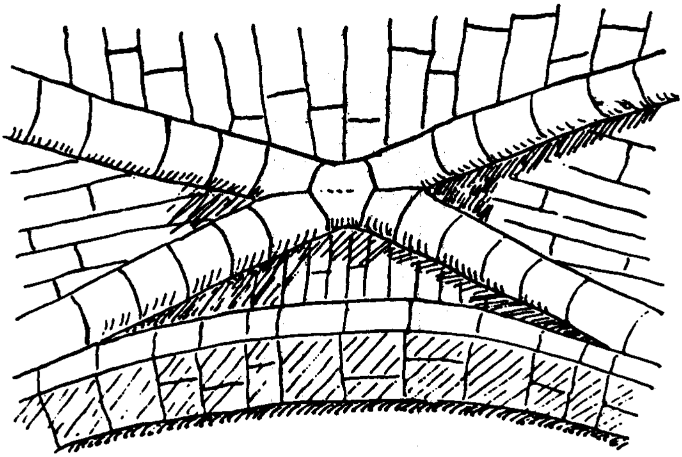
شکل ۲۵۰.ساخت طاق بر روی قوسهای دوتایی.

قطعاتی کردن طاق با قوسهای عریضی اریب، ساختن تکه‌های طاق واقع بین این قوسها را نیز آسان می‌سازد. همین‌که این قوسها، که تنها به شابلون نازک سبکی احتیاج دارند ساخته شد، تنظیم قسمتهای مثلثی P و P به‌روش پیشامدگی و پس از اینکه ملاط خود را گرفت، قسمت P' امکانپذیر است؛ بدین‌ترتیب با پرکردن پی‌درپی این مثلثها می‌توان شروع طاق را بدون چوب‌بست یا شابلون بالا برد و برای ساختن قسمت بالایی، تنها شابلون سبکی مورد نیاز است.

طاقگاه نیز از مصالحی شروع می‌شود که به دیوار به‌طور محکمی چسبیده شده است و قسمتهای برجسته پیشامدگی را نگاه می‌دارد (شکلهای ۲۴۴ و ۲۴۵ را ببینید). طاقهای گهواره‌ای سه‌گوش که جانشین طاق تمام دور شدند، هم از فشارهای طاق کاستند و هم امکان دادند که طاقگاه از قسمت بلندتری شروع شود.

طاق گوتیک: سبکی که معمولاً گوتیک و بعضیها آن را فرانسوی می‌نامند، از اوایل سدهٔ دوازدهم شروع شده است. در گذشته از نوع ساختمان طاق رومی و سنگینی مصالح آن از طاقگاه به بالا صحبت شده است.

در این دوران، معماران آگاه توانستند دربارهٔ روشهای ساختمانی ساده‌تر برای سبک کردن طاقها



شکل ۲۵۱.طاق چهار خم ماریانوال.

بیندیشند و طرحهایی بدهند. در همین زمان بود که دشواریهای مربوط به فشار سقفهای بسیار سنگین کاهش یافت و این آغاز ساختمان طاقهای چهارخم (تویزهٔ قطری) بود.

به عقیدهٔ اوگوست شوازی این نوع طاقها از سال ۱۱۰۰ ساخته شده‌اند. در مورد سالنهای پایینی برج ناقوس لوور تاریخ ۱۱۱۰ داده شده است. طاقهای چهار خم (تویزهٔ قطری) موریانوال[۱]، گویا در تاریخ ۱۱۲۰ یا ۱۱۳۰ ساخته شده‌اند. طاقهای سن‌پیر مونمارتر[۲] و سن دنی تقلید شدیدی از موریانوال است و پیش از سال ۱۱۵۰ ساخته شده‌اند.

در شکل ۲۵۱ طاقهای ماریانوال، که آزمایش ساده‌ای بیش نیستند، نشان داده شده است. این طاقها روی دهانهٔ کوچک قسمتهای راهروی پشتی جایگاه همسرایان قرار دارند.

اما طرح طاق چهارخم (تویزهٔ قطری)، ظاهراً تکامل طاق و تویزه بود. در اوایل سدهٔ دوازدهم، به‌طوری‌که گفته شده است، برای تراشیدن سنگها جهت ایجاد رگه‌های قوی طاق، روش هندسی کارایی وجود نداشت. وانگهی حتی با ترسیمهٔ هندسی درخوری، باز لازم می‌آمد تراش هر سنگ را، بسته به اینکه درکجای قوس میان طاقگاه و سرطاق قرار می‌گیرد، تک‌به‌تک تعیین کنند.

طاقهای دو ضربی (طاق و تویزه) که به سبک رومیها، یکپارچه از قلوه‌سنگ و ملاط ساخته شده‌اند؛ بر اساس شابلون‌گذاریهای هندسی ساخته نشده‌اند؛ زیرا لازم بود تقاطع استوانه‌ها نشان

۱. Morienval روستایی در منطقهٔ اواز، شمال فرانسه.

۲. Montmarte نام قدیمی روستایی که اکنون جزء پاریس است.

داده شوند و یا اگر قابهای راهروی پشتی جایگاه همسرایان به‌شکل ذوزنقه بود، تقاطعهای قالبریزی مدور ته‌ستون.

در اکثر موارد گویا از روش کلاسیک پیشامدگی برای شروع طاق استفاده شده است و با کمک تقویت ساده‌ای سنگ سرطاق راگذاشته و طاق را تمام کرده‌اند. نمای درونی و قابل مشاهده مصالح را اندود کرده‌اند تا ظاهری بهتر و نرمتر داشته باشد.

این فکر منطقی می‌نماید که در مواردی معماران از اسکلتی ساخته شده از ماسه و خاک استفاده کرده‌اند و طاق را روی آن با دست به‌شکل دلخواه ساخته‌اند. آنها می‌توانستند رج نخست را با ملاط، و قلوه‌سنگ بسازند، آن‌گاه بر روی این مدل که به‌شکل دلخواه طاق بود، عملیات دیگر را انجام دهند. ماسه را آسان می‌توانستند برطرف سازند تا سقف درونی طاق نمایان شود. این فکر، وجود اشکالی از طاقهای دو ضربی مرکب از سطوحی با انحناهای متعدد را توجیه می‌کند، زیرا با شابلونهای چوبی چنین کاری محال بود.

در طاقهایی که اندود آنها تجدید نشده است، رگه‌ها از سنگهای بزرگ دیده می‌شوند که بدون وقت زیاد کار گذاشته شده‌اند تا از ایجاد ترک در بندهای سنگها جلوگیری شود. تفاوت عمدهٔ طاقهای رومی با طاقهای گوتیک در این است که به‌جای رگه‌های خام و وحشی، قوسی از سنگهای تراش دیده به‌کار رفته است.

در شکل ۲۵۱ بروشنی دیده می‌شود که طاق و تویزه با ردیفی از سنگهای یکسان ساخته شده و حلقهٔ ضخیمی را تشکیل داده است. این حلقه بعداً نازکتر شد: دو قالبریزی مدور ته ستون پشت به پشت یکدیگر داده‌اند، سپس نیمرخهایی دیده می‌شود که بتدریج گودتر شده، گره‌هایی تشکیل داده‌اند.

بدین‌ترتیب طاقسازی در اساس تغییر یافت. به‌جای اینکه رجهای متوالی طاق را پیشامده سازند، رگه‌های قطری و قوسهای جناغی را در ابتدا بر روی شابلونهای سبک کارگذاردند، زیرا این قوسهای تنها حامل وزن خود هستند. بدین‌طریق، اسکلتی که ایجاد می‌شد، تنها مصالح بخشهای طاق را پذیرا بود. این بخشها که تنها از قابهای سه‌گوش کوچکی تشکیل می‌شدند، می‌توانستند با اجزای بسیار کوچک و سبکی و تقریباً بدون پشتوان پر شوند؛ کافی است که این اسکلتهای بسیار کوچک به رگه‌های قوسها قلاب گردند.

بدین‌ترتیب روش جدید، مزایای متعددی دارد. سنگهای گوه‌ای را می‌توان با عرض یکسان و منظم تراشید. گرچه لازم نیست این سنگها دارای طول برابر باشند، اما با استفاده از یک قواره

می‌توان همهٔ آنها را شکل داد. مصالح را به‌آسانی می‌توان بر آنها جای داد و می‌توان از سنگهای کوچک با هر قواره‌ای استفاده کرد (که معمولاً متوازی‌السطوح کوچکی هستند). این روش منجر به کاهش چشمگیر مصالح مورد نیاز، بویژه در قسمت طاقگاه (شروع طاق) می‌شود، و به‌علت این کاهش وزن، فشارهای طاق نیز کم می‌شوند. قوسهای تیزه‌دار با سه یا چند نقطهٔ تیز، سبب کاهش اندازهٔ پایه‌های تقویتی می‌شوند. سرانجام، فشارها که تنها بوسیلهٔ قوسها انتقال می‌یابند، فقط روی تکیه‌گاههای مجزا از یکدیگر پایه‌های تقویتی وارد می‌شوند.

اصول این تکنیک که در اینجا مورد بررسی قرار گرفت، امکان دنبال کردن سبک گوتیک را به ما می‌دهد. در کشورهایی که دارای سنگهای نرم می‌باشند کاهش ضخامت طاق امکانپذیر شده است و در نمونه‌هایی (مثلاً طاق آنژو[۱])، طاق در عین حال می‌توانست با قوسهایی که رگه‌های سبک بسیار ساده‌ای بودند، به‌شکل گنبد بالا رود. این امر در برخی نویسندگان (کوروایه[۲]) این توهم را ایجاد کرده است که این طاقها تقلیدی از گنبدهای جنوب غربی فرانسه (آنگولم[۳]، پریگو[۴]) می‌باشند.

بعدها معماران از سطوح مربعی ساده با دو قوس اصلی، بزودی به‌سوی نوعی طاقهای شش بخشی چندرگه‌ای روی سطوح چهارضلعی نامنتظم روی آوردند. این ابتکار می‌توانست قسمتهای ساخته شده از مصالح را سبکتر کند و ساختن آنها را بدون شابلون آسانتر سازد. سیستمی که هردونوع طاق آنژویی و ایل دوفرانس را الهام بخشید و در کشور انگلستان با طاقهای بادزنی (سنبله‌ای) چندگانه به اوج تکامل خود رسید.

تکیه‌گاهها تقویتها و شمع معلق: پیش از اینکه به جزئیات معماری ساختمانهای بزرگی که تا سدهٔ چهاردهم بنا شده‌اند، بپردازیم؛ مشخص کردن خصلت اصلی وسایل شمعزنی و آزمایشهای ناهشیارانهٔ معمارانی که فاقد وسایل دقیق محاسبه بودند، بیفایده نیست.

آن اندیشهٔ اساسی که از سدهٔ دوازدهم بر معماری حکمفرما بود، همانا بازکردن دیوارهای شبستان بر روی نور و افزودن هرچه بیشتر بر ابعاد پنجره‌ها بود. مخالفتهای سیسترسیانها دربرابر این گرایش و نیز راه‌حلهای پیشنهادی دیرکلونی بر همگان روشن است. اما این مخالفتها نتوانست در برابر این گرایش بایستد و در نتیجه، اندیشهٔ بالابردن طاقها و بازکردن پنجره‌های بزرگتر که روشنایی

---

۱. Anjou ناحیه‌ای در شمال‌غربی فرانسه که با ولایت کنونی من‌ـاـلوار تقریباً منطبق است.
۲. Corroyer؛ باستان‌شناس فرانسوی، نویسنده کتاب «معماری رومی»، پاریس، سال ۱۸۸۸.
۳. Angouléme شهری در ولایت شارانت، در غرب فرانسه.
۴. Périgueux شهری در ولایت دوردونی، در جنوب غربی فرانسه.

بیشتری را وارد شبستان می‌ساخت، مورد استقبال قرار گرفت.

این کار در ایل دوفرانس با اقبال عمومی روبه‌رو بود و از سوی دیگر از همان زمان مرگ برنار[1] قدیس (۱۱۵۳) همین گرایش در نقاط دیگر نیز تقویت شد. این میل را می‌توان با رابطهٔ ارتفاع زیرطاق به عرض شبستان اصلی تعریف کرد، رابطه‌ای که پیوسته افزایش یافته است (در کلیسای فونتنه[2] این رابطه کمی کمتر از ۲، و در کلیسای پونتینی[3] ۲ می‌باشد).

توجه داشته باشید که کلیسای پونتینی که در سال ۱۱۵۰ ساخت آن آغاز شد، بی‌شبهه تا سال ۱۱۵۳ (سال مرگ برنارد قدیس) طاق آن زده نشده بود. این نخستین کلیسای سیسترسیان با طاق چهارخم (تویزه قطری) بود و کمی پیش از کلیسای شئالی[4] ساخته شد. به هر حال این امر نشان می‌دهد که نمونهٔ طاقهای چهارخم ایل دوفرانس بسرعت در همه‌جا مورد تقلید قرار گرفت و علت آن برتریهای انکارناپذیر از جنبهٔ ساختمانی بوده است.

رابطهٔ ارتفاع به عرض به ترتیب زمانی اصلاح شده است: در کلیسای جامع لان (۱۱۵۵_۱۱۶۰)، ۲٫۲۲؛ در نتردام پاریس (۱۱۶۳)، ۲٫۹؛ در آمین (۱۲۲۰)، ۲٫۸۹؛ در بووه (۱۲۴۷)، ۳٫۳؛ درحالی‌که در آغاز سدهٔ دوازدهم شبکهٔ کلیساهای کلونی دارای رابطهٔ زیر بوده است: پاره لو مونیال[5] ۲٫۵۷؛ در کلونی ۲٫۵۶.

اما این افراط در مرتفع کردن دیوارها، که پنجره‌هایی که در بالای سقف راهروی جانبی شبستان باز می‌کرد، آثار زیانبخشی داشت که از آن جمله می‌توان از جداشدن تکیه‌گاهها، ترک برداشتن و ریزش طاق نام برد. اینها آثاری بودند که در سال ۱۱۲۵ کلونی بخود دیده است و دلیل قاطعی بر نقص کار معماران بود.

همهٔ آثار گواهی می‌دهند که معماران آزمایش می‌کردند تا بدانند که بلند گرفتن دیوارها، سبب کاهش فشارها بر روی دیوارهای جانبی می‌شود یا خیر؟ راه‌حل واقعاً اصیل طاقهای با محورهای ضربدری که بر یکدیگر تکیه دارند، بین سردر و بازوی عرضی کلیسا، در تورنو کاربردی در مقیاس بزرگ داشته‌است (شکل ۲۵۲). این کار تنها یک یا دوبار در طرحهای کوچکتری تقلید شده است (مثلاً در مون سن ونسان[6])

۱. Saint Bernard ۱۰۹۰_۱۱۵۳ کشیش فرانسوی و عالم الهیات مسیحی.

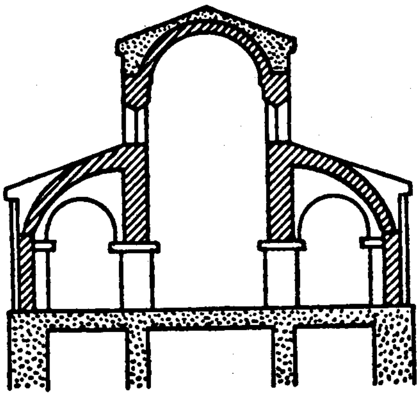
۲. Fontenay دهکده‌ای در کوت دور، در نزدیکی مونبار، کنار کانال بورگونی، فرانسه.

۳. Pontigny روستایی در ولایت یون در منطقهٔ اوکسر؛ فرانسه.

۴. Chaalis کلیسای ویران شده‌ای از سیسترسیانها، در جنوب غربی سانلیس، فرانسه.

۵. Paray-Le-Monial شهری در ولایت سون_ا_لوار، در شرق فرانسه مرکزی.

۶. Mont-Saint-Vincent محلی در سون_ا_لوار.



شکل ۲۵۲.طاق تورنو (نارتکس).

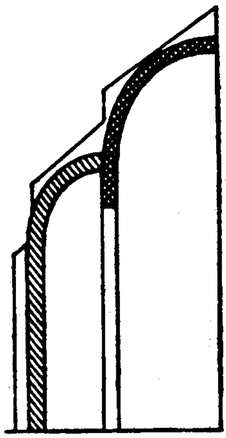
وزله[1] پس از یک مصیبت بزرگ، آتش‌سوزی که در زمان زیارت پدید آمد و می‌گویند هزارنفر قربانی داشته است، بازسازی شد. این امر نشان می‌دهد که سقف آن چوبی بوده است. از آن به‌بعد کوشش شد تا شبستان آن در بخشهایی که بین قوسهای ضربدری است، با طاق و تویزه پوشیده شود که جایی در دیوار برای پنجره‌ها باقی می‌گذاشت. همین ترتیبات در انزی لودوک[2] هم وجود دارد (ربع نخست سدهٔ دوازدهم).

اما این ساختمان، بسیار سنگین و فشار اعمال‌شده، که نادرست ارزیابی شده بود، روی پایه‌های تقویتی بسیار زیاد بود. در دوران معاصر با کمک پایه‌های تقویتی، با تقلید از پایه‌های جایگاه همسرایان، که قدیمیتر بودند، تعادل به‌دست آمد. این پایه‌ها هم می‌بایست پس از ساختمان کلیسا گذارده شده باشند، یعنی زمانی‌که در طاق بی‌نظمیهایی پدید آمده بود. شوازی می‌پندارد که ساختمان در ابتدا با الوارهای چوبی شمع زده شده است که بعدها آن را با شمعهای معلق سنگی عوض کرده‌اند. در اینجا ما با خاستگاه و نمونهٔ‌نخست شمعهای معلق سروکار داریم. اما، در شبستان، بستهای مربوط به تیرهای مهار آهنی کشف شده است، بنابراین گویا ناچار بودند که نخست فشار رگه‌های قطری را بوسیلهٔ یک تیرمهاری، که مانع از هم بازشدن طاقگاه بود، متعادل سازند.

اقدامات آزمایشی: همهٔ‌این آزمایشها تردید سازندگان و بی‌تصمیمیهای آنان را نشان می‌دهد. درواقع همان‌طورکه خواندیم آنها از همهٔ مفاهیم مربوط به اهمیت فشارها و جهات آنها بیخبر بودند. آنها

۱. Vézelay محلی در یون، منطقهٔ آوالون فرانسه.

2. Anzy-le-Duc

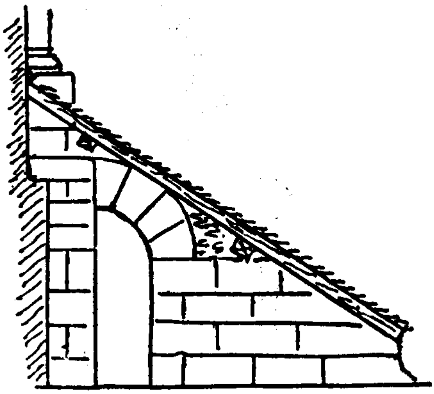


شکل ۲۵۳.طاقهای ایسوار.

همچنین از آثار فشردگی که تغییر شکلهای پایدار و ناپایدار ایجاد شده در زیر بارها بودند، اطلاعی نداشتند، و این بی‌اطلاعی تا سدهٔ نوزدهم برقرار بود. سازندگان پایه‌ها و شمعهای معلق با این‌همه نابرابریهای توزیع فشارها در مقاطع افقی را در نظر می‌گرفتند، این امر گویا به‌علت ایجاد ترکها و بازشدن درزها خود را نشان می‌داد و به آنها ثابت می‌کرد که در یک مقطع واحد، هم فشار وجود دارد و هم تراکم و فشردگی.

معماران بویژه در سده‌های دوازدهم و سیزدهم حین ساختن کلیساهای جامع، برای ایجاد سوراخهایی در پایه جهت جریان هوا در دهلیزها، در مناطق دارای تنش، تردیدی بخود راه ندادند و نیز از اینکه پایه‌های طاق را بر آستانهٔ یک پنجره بگذارند، تردیدی نداشتند. این موضوع روشن می‌کند که آنها نه در اندیشه واکنشها بودند و نه چیزی از فشردگی می‌فهمیدند. اما ما در هیچ مدرکی اثری از آشنایی با جهت فشار و یا شدت تنش نیافته‌ایم. تنها در سندی که به سدهٔ هفدهم تعلق دارد، در این‌باره حرفی زده شده است که در پنج یا شش سدهٔ پیش از آن عمل می‌شده است.

آنچه گفته شد، ردیفی پیوسته از کارهایی بود که در جهت شمع‌زدن طاقها پیش رفته است، و با طاقهای ربع دایره‌ای راهروهای جانبی شبستان شروع می‌شود که شامل فشارهای محوری طاق تمام دور شبستان مرکزی است (شکل ۲۵۳).درواقع از این زمان است که ناتوانی پایه‌ها در جلوگیری از واژگونی طاق آشکار می‌شود؛ قاعده‌ای که پنداشته می‌شد ضخامت پایه‌ها را تعیین می‌کند، مستقیماً لزوم پایه‌های تقویتی (B'A'C') را برای جذب فشارهای محوری نمایان ساخت.



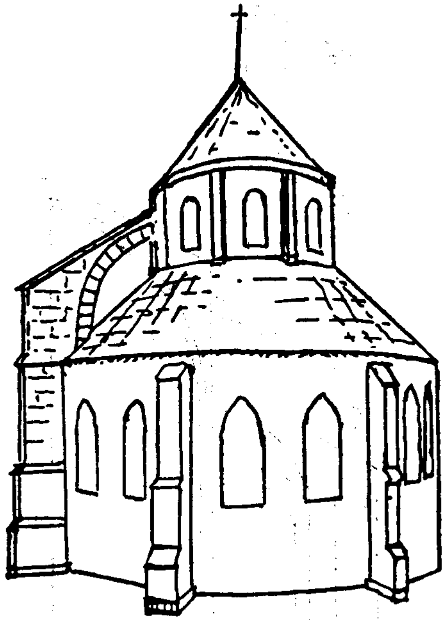
شکل ۲۵۴.نمونه‌ای از شمع معلق اولیه، که در زیر بام پنهان است.

قوسهای ربع استوانه‌ای شایستگی خود را در نگاهداری از طاق پیوسته، ثابت کردند. چنانچه تنشها در راستای خطوط مستقر در رگه‌های قطری توزیع شده بودند، معماران تنها می‌بایست طاقگاه قوس و طاقگاه چهارخم را شمع بزنند. این کار مثلاً (شکل ۲۵۴) با چیدن یک دیوار توپر یا دیواری که بوسیلهٔ قوس سبکتر شده، بر روی رگه‌های قطر راهروی جانبی شبستان، بشرطی‌که زیر بام آن پنهان باشد، انجام می‌گرفت. این ابتکار استحکام طاقگاه را تضمین می‌کرد، زیرا گمان می‌بردند که تنها کافی است در جهتی که فشار وارد می‌شود در نقطهٔ معینی تکیه‌گاهی ایجاد کرد. احتمالاً در قوسهای فشرده ترکهایی ایجاد می‌شد و معماران از درک وجود اعوجاجهای دائمی و الاستیک در اثر این فشارها ناتوان بودند.

بدین‌ترتیب وجود پشتوانی بالاتر، در بالای بام راهروی جانبی لزوم مطلق یافت (شکل ۲۵۵، گونس[1]، قسمت چپ شکل). این کار منظرهٔ خارجی کلیسا را بسیار تغییر داد: در طرح نخستین (شکل ۲۵۵، قسمت راست) اساساً هیچ قسمت ساختمانی در بیرون از بامها پیش‌بینی نشده بود و همهٔ پنجره‌ها آزاد بودند، مانند پنجره‌هایی که در پونتینی در بیرون‌زدگی محراب وجود دارد.

نخستین شمع معلق که از بام بیرون زده است این احساس را به‌وجود می‌آورد که این نوع شمع پس از (مدتها پس از) کامل شدن ساختمان اضافه شده است. این امر قابل فهم است، زیرا این

۱. Gonesse محلی در ولایت وال‌ـاـاواز در منطقهٔ پاریس.



شکل ۲۵۵.کلیسای گونس.

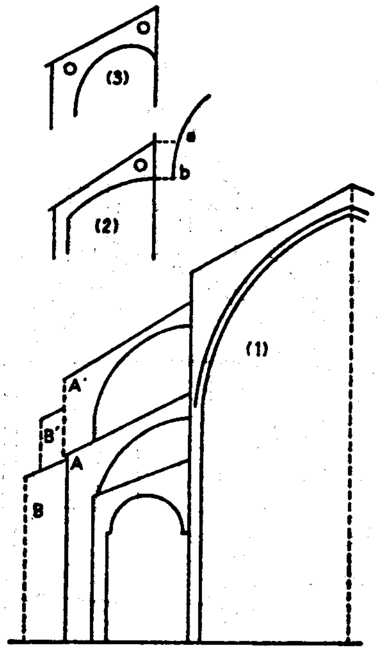
تنشها می‌بایست بتدریج، در اثر اعوجاج آهستهٔ مصالح پدید آمده باشند.

این پشتوان نیز ظاهراً بعدها خود را ناکافی نشان داده است (شکل ۲۵۶)،و بدین‌ترتیب اضافه کردن یک شمع معلق ثانوی لازم آمد ('A به A اولیه افزوده می‌شود) و پیشامدگی پایه‌های تقویتی ('B-B) زیادشده است تا با فشارها مقابله شود.

طی این دوران که دوران کارهای عظیم در پاریس، شارتر، آمین، بووه و ساخت شمعهای معلق است، تقویت شمعها در همه‌جا به‌عنوان کار تکمیلی ساختمان به‌چشم می‌خورد. آقای اوژن لوفور-پونتالی[1] در کتاب خود: *L'origine des arcs-boutants* (خاستگاه شمعهای معلق) پاریس، ۱۹۲۱، معتقد است که محل شکستگی احتمالاً مربوط به قسمت بالایی طاق تقویتی، طاقهای پایینی است.

معماران همچنین به‌فهم این امر نزدیک شده بودند که پس از اینکه طاقها شمع زده شد، پایه‌های داخلی شبستان دیگر در معرض خطر واژگونی نیست و می‌توان آن را سبکتر ساخت. به‌جای اینکه پایه‌های قطوری به‌شکل صلیب ساخته شوند، و یا در هرگوشه ستونی برپا دارند، اکنون می‌توان از

1. Eugéne Lefévre-Pontalis

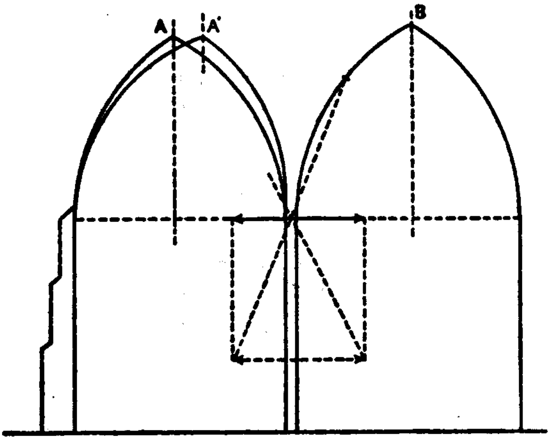


شکل ۲۵۶.شمعهای معلق بر روی هم.

ضخامت پایه‌ها کاست؛ این کار درحالی‌که فضا را باز می‌کند، شبستان را از راهروی جانبی آن مجزا نمی‌سازد. وضع درونی این بنا، جلوی دید را تا دیوارهای بیرونی باز می‌گذارد.

همین‌طور آنها درک کردند که فشارهای اریب متقارن، فشارهای محوری را از میان می‌برد (شکل ۲۵۷)،این نظر در ناهارخوری صومعهٔ سن‌مارتن دـشان به‌عمل درآمده است. قطر ستونها کم‌ـظاهراً بیش از اندازه کم، شده است. این کار دلالت بر این می‌کند که معمار گمان برده است که تنها با یک فشار عمودی سروکار دارد.

باز در همین صومعه، طرح منحصر به فردی از طاقها دیده می‌شود که رأس A' آن به محور ستونها نزدیک شده است. شاید منظور از آن ایجاد کاهش فشارهای افقی قوسهای درونی بود که می‌بایست از یک طاق‌به‌طاق دیگر متعادل شود و بدین‌ترتیب اطمینان دیگری برای طاق به‌شمار می‌آمد. آیا این کار تنها جنبهٔ پرسپکتیو داشته است؟ اما به هر حال نشانه‌ای از یک فکر منطقی پیشرفته است، هرچند که دلالت بر شناخت عمیق مکانیک استاتیک یا مقاومت مصالح نمی‌کند.



شکل ۲۵۷.صومعهٔ سن‌مارتن دـشان، ایجاد تعادل در فشارهای محوری.

تنها در سده‌های چهاردهم و پانزدهم بود که سرانجام در اثر تجربه دانستند که چون شمعهای معلق لزوم مطلق دارند، می‌بایست آنها را همزمان با طاق برپا داشت.

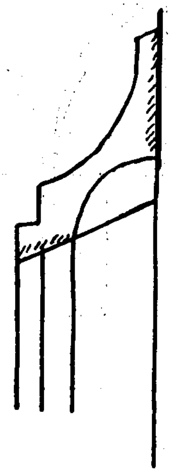
در سده‌های دوازدهم و سیزدهم، کاملاً می‌توان گفت که تجربه‌اندوزی حکومت داشته است و اثر این سلطه در درک ناکافی فشارهای محوری در ساختمان، نظیر بووه به‌چشم می‌خورد؛

در کلیسای شهر بووه پایه‌های لازم برای نگاهداری شمعهای معلق متعدد، سبب شد که همهٔ پنجره‌ها از بیرون کور شوند.

زمانی‌که سرانجام فهمیدند که شمعهای معلق، بخشی از نقشه نخستین باید به‌شمار آیند، توانستند این شمعها شکل منطقیتری بدهند (شکل ۲۵۶ [۲]) و آن را در طاقگاه (ab) پخش کنند تا اینکه طاق محکم بایستد. حتی توانستند نقشه را با افزایش انحناهایی (شکل ۲۵۶ [۳]) زیباتر سازند و این خطوط ملیح، منادی انحطاط آیندهٔ آن بود.

رنسانس و سده‌های شانزدهم و هفدهم سبب تغییر تکنیک طاقزنی شد، زیرا همان‌طورکه بعدها خواهیم دید روشهایی برای ترسیم دقیق شکل سنگهای تراشیده به‌دست داد. مسأله‌ای که در قرون وسطی مطرح می‌شد این بود که از یک روش ساده و نتراشیده کاربرد مصالح به‌روشی از کار با سنگهای تراشیده منتقل شوند، و این کار در آن زمان عملی شد.

قوسهای چهارخم و سبک که به چشم مردمان در قرون وسطی منطقی هم بود با یک گردش



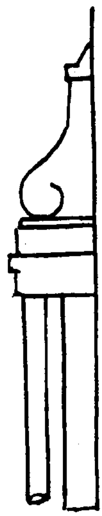
شکل ۲۵۸.شمع معلق سن‌نیکلا دوشاردونه.

عجیب و منحصربه‌فرد ازمیان رفتند، و طاقهای دوضربی که برای شبستانهای اصلی، در قرون وسطی اقبالی نداشتند_جز در موارد بسیار استثنایی نظیر وزله و انزی لودوک، دوباره رواج یافتند، با این تفاوت که این‌باره با سیستمهای کاملتری انجام گرفت.

اینها طاقهای دوضربی و یا طاقهایی بودند که در طاق استوانه‌ای اصلی شبستان دارای رگه‌های مورب متقاطع بودند، و بدین‌طریق پنجره‌های بزرگی در آنها ایجاد می‌شد. ترسیمه‌های هندسی مربوط به تراش سنگها، زیاد موجب ترس معماران نگردید. اجرای این ترسیمه‌ها با روشهای نقشه‌کشی متداول عملی بود، چنانکه در مورد طاق سن سولپیس[۱] اجرا شد.

این طاقها احتمالاً سنگین بودند، اما تکیه‌گاههای آنها با ابعاد بزرگی ساخته شد و شمعهای معلق اشکال تازه‌ای یافتند. در آنها نوعی گودی (شکل ۲۵۸،سن‌نیکلا دوشاردونه ۱۶۵۶_۱۷۰۹) ایجاد کردند و سر بالای آنها مانند شیپور، گشاد می‌شد و دیوار را در ارتفاع بالا نگاه می‌داشت، قوسی بخش پایینی آن را آزاد می‌گذاشت تا تنش_بدون اینکه طاقهای راهروی جانبی درهم بریزد_به پایه‌های تقویتی انتقال یابد. گنبد انوالید (۱۶۷۶) نیز دارای چنین وضعی است؛ استوانه‌ای که فشارهای گنبد بر آن تکیه دارد.

۱. Saint-sulpice کلیسایی در پاریس که ساختمان آن در سال ۱۶۴۹ آغاز و در سال ۱۷۴۵ پایان یافت.



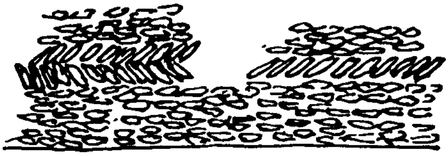
شکل ۲۵۹.شمع معلق گنبد آنوالید.

تحول تکنیکهای مصالح ساختمانی: در نگاه نخست دیده می‌شود که پس از بنای یادمانهای بزرگ شرقی، یونانی، رومی و بعدها بیزانسی، سازندگان چیز دیگری یاد نگرفتند و تنها به پیگیری روشهای سنتی با سابقهٔ هزاران سال اکتفا کردند.

اما اروپا که بربرها آن را تسخیر کرده بودند، جز اینکه آهسته و گاهگاه با مشرق تماسی داشته باشد، کاردیگری نداشت. بی‌سامانی در اقتصاد، ویرانی و قتل و غارت در غرب سبب کاهش وسایل و امکانات اجرای کارهای مهم بود.

در سدهٔ دهم مصالح ساختمانی رومی که معمولاً سنگهایی با نمای صاف بود یا با ردیفی از آجرهای همتراز دارای اتصالات پیوسته مشخص می‌شد، جای خود را به دیوارهای با مصالح زمخت و ناتراشیده داد. برای اینکه این دیوارها دربرابر شکستگی پایدار باشند، معماران رجهایی از سنگها را به‌طور اریب در آن می‌چیدند (شکل ۲۶۰)که در ترازی که کمتر زینتی بود، نقش آجرهای رومی را در رجهای مهاری بر عهده داشت. این را opus spicatum می‌نامیدند که شامل یک رج از سنگهای صاف اریب چیده شده، یا دو رج از آن سنگها که معکوس یکدیگر چیده شده‌اند، می‌شود. ترتیب اخیر را نقش جناغی می‌نامند و تقریباً در همه‌جا در آغاز ۹۷۰ در تورنو (محراب، ۹۸۷) در سن‌کلمان سورـگی[1] و سن ژیلدا دوـریس[2] دیده می‌شود.

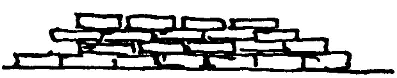
1. Saint-Clément-sur-Guye 2. Saint-Gildas-de-Rhuys



شکل ۲۶۰.رجهای جناغی سنگهای Opus Spicatum.

بعدها با استقرار نظم سیاسی و اقتصادی، ثروت مردم افزایش یافت و وسایل مالی امکان استفاده از کارگران زیاد و زیبا کردن مصالح ساختمانی را فراهم ساخت. رج‌چینی ناهموار با قلوه سنگ (شکل ۲۶۱)از سال ۱۰۰۳ در دیژون (سن بنین[1] و هشتی ورودی کلیسای تورنو رواج یافت. پس از آن رج‌چینی با سنگهای تراشیده رسم شد، این کار نخست در رجهای مهاری نبشی (قابها همیشه از قلوه‌سنگ ساخته می‌شدند) از سال ۱۰۵۰ و سرانجام در همهٔ ساختمان، از سال ۱۰۹۰. باید گفت که جنوب فرانسه تحت‌تأثیر عواملی قرار داشت که در بقیهٔ کشور که در سیطرهٔ بربرها بود، بی‌تأثیر بودند.

سنگتراشی: در تکنیک یونانیها همیشه سنگهای تراشیده به‌کار می‌رفت و این سنگها تقریباً در همه‌جا باقی مانده‌اند. سنگها را به اشکال هندسی می‌تراشیدند. این امر گواه بر آن است که یونانیها اطلاعات علمی و فنی هلنی را نگاه داشته بودند. معماران ایاصوفیه (سانتاسوفیا): آنتمیوس ترالسی و ایسیدوروس ملطی[2]، درکار خود اصالت داشتند. آنان متولد آسیای صغیر بودند و در ریاضیات و هندسه دستی داشتند. تراشیدن هندسی سنگها ضخامت بندها را کاهش می‌داد و از کاربرد ملاط، بی‌نیاز می‌ساخت. این نوع قفل و بست سنگها در تکنیک یونان ادامه یافت و مستلزم تراش دقیق سنگها و باز دقیقترسازی آنها از طریق ساییدن آنها با یکدیگر بود. دقت در تراش سنگها سبب می‌شد که تنشها در بندها کاملاً درحد معمول باشند و بیمی از سریدن آنها بر روی یکدیگر ـ جز



شکل ۲۶۱.رج چینی ناهموار با قلوه سنگ.

1. Saint-Bénigne

۲. isidorus نام دو معمار (دایی و خواهرزاده) عصر یوستینیانوس.

به‌هنگام زلزله‌ـنبود. معماران همچنین غالباً با به‌کار بردن قلابها و چنگکهای فلزی، بدون استفاده از بندکشی، رجهای سنگ را روی هم محکم نگاه می‌داشتند.

چنین تکنیکی که در شرق هم رایج بود از طریق سیسیل و مدیترانه در کشورهای جنوبی و جنوب فرانسه متداول شد. ما این تکنیک، در اسپانیا مثلاً در نارانکو[1] (درواقع در ناحیهٔ آستوریاس) که طاقهای گهواره‌ای هم در آنجا از قلوه‌سنگ می‌باشند، در سان خولیان دو لوس کامبوس[2] (در اوویذو[3])؛ در جنوب فرانسه در آله[4] (اود) وگاهی حتی در شمال آن، مثلاً در سواسون که مصالح آن متعلق به سال ۸۵۰ می‌باشد و احتمالاً معمار آن از جنوب فرانسه است، برمی‌خوریم. توجه می‌دهیم که شارلمانی برای ساختن نمازخانه کاخ‌نشین اکس لاشاپل از آسیای صغیر (گویا سوریه) برای معمار آن کمکی آورده بود. این تکنیک از آن‌پس در برداشتن گنبدها، طاقها و پاطاقها در جنوب غربی در پریگو، آنگولم و لوش ادامه داشته است.

ملاط که برای رومیها تنها نقش متصل کردن سنگهای تراشیده به یکدیگر را داشت، اینک نقش تازه‌ای یافت یعنی از آن برای توزیع فشار، به‌عنوان ماده‌ای پلاستیکی که توزیع فشارها را بین سنگها متعادل می‌سازد، استفاده می‌شد (اوگوست شوازی: *Histoire de l'architecture*، جلد دوم).

دیده می‌شود که دستور بی‌چون‌وچرای دوران گوتیک که: سنگ را پس از کارگذاشتن هرگز نباید فرچه‌کشی کرد، در این زمان هم کاملاً رعایت می‌شود. این قاعده دو دلیل دارد: یکی بدلیل اقتصادی آن است و دیگر بدلیل سست شدن بندهاست. از جنبهٔ اقتصادی باید گفت در دورانی که حمل‌ونقل گران تمام می‌شد، حمل سنگ از فاصلهٔ دور بمنظور اینکه بخشی از آن را بتراشند، صاحبکار را ورشکسته می‌ساخت. سنگ را باید در معدن اندازه کرد و تراشیدن آن باید در سر کار، پیش از گذاردن انجام گیرد. معماران قرون وسطی تنها با روش جاگذاری سنگ در حالی که کاملاً تراشکاری شده بود، آشنا بودند. و این کار هم برای سنگهای نما و هم پیکرسازی صدق می‌کرد. وانگهی تراشکاری سنگ زمانی‌که کار گذاشته شده است، بسیار دشوار است و معایب چندی دارد که از آن‌جمله می‌توان از سست شدن بندها و ایجاد ترک نام برد؛ با این کار پیوستگی بندها ازبین می‌رفت، بندها نگاهداری مصالح را کامل می‌کردند و حتی در زمانی‌که لزومی برای وجود آنها نبود (بارهای کششی).

با این‌همه تغییرات ایجاد شده در اساس ساختمانها، گاهی مستلزم خراب کردن بخشهایی از

1. Narranco   2. San Julian de los Campos

۳. Oviedo مرکز ناحیه آستوریاس در شمال اسپانیا.

4. Alet

ساختمان و اندازه‌گیری بعضی از عناصر آن در محل کار بود. چنین موردی در کلیساهای جامع سانس[۱] و پاریس رخ داده است. پنجره‌ها در مجموعهٔ این ساختمانها که بخش بالایی شبستان را روشن می‌کردند، تقریباً بزرگ بودند. اما زمانی‌که آنها را با پنجره‌های کلیساهای جامع اخیر مقایسه می‌کنیم، ناکافی می‌یابیم. بدین‌ترتیب تصمیم گرفته شد که مصالح را دستکاری کنند تا پنجره‌ها یا از پایین درازتر گردند (پاریس)، یا از بالا (سانس). در کلیسای سانس بازسازی طاق لازم شد. این امر می‌بایست ایجاد ترکهایی در طاق کرده باشد، که منجر به ساختن شمعهای معلق جدید شد. چنانچه این ساختمان دستکاری نمی‌شد، احتمالاً نیازی به شمعهای جدید نبود. از این بازسازیها (سدهٔ سیزدهم) می‌توان شمعهای بزرگ معلق نتردام پاریس را ذکر کرد که راهروهای جانبی شبستان را بدون پشتوانه رها کرده است و گویا همان‌طورکه آقای ویوله لودوک گمان می‌برد، جانشین شمعهای معلق نخستین این کلیسا نیست. چنین می‌نماید که این شمعهای بزرگ را برای نگاهداری بخش بالایی طاقها ـ که در اثر دستکاری تکان خورده بودند، احداث کرده‌اند. چنین دستکاریهایی جز این که آثار زیانبخش و ترکهای خطرناک ایجاد کند، ثمر دیگری نمی‌توانند داشته باشند.

رگچین دندانه‌دار (کله و راسته) از سنگها به‌علت شکنندگی و گرانی ممنوع بود. معماران جهان باستان گاهی بام طاقهای خود را نردبانی می‌ساختند، این کار در دوران روم مجاز نبود. بام‌سازی «موازی» طاق که همیشه رواج داشته است با کار آسانتر و هزینهٔ کمتر در ساختن سنگها همراه بود. در دوران گوتیک سنگها را با نهایت دقت می‌تراشیدند. می‌بایست از توزیع برابر فشارها، که غالباً بسیار زیاد بود، اطمینان حاصل می‌گشت و بستر و بندهای آنها درست ماندنما، با دقت تراشیده می‌شد.

ابزار سنگتراشی نیز تغییر کرده بود، ابزار دوران روم تیغه‌های کندی بود، و پس از سدهٔ دوازدهم، سنگتراشان از چکشهای سنگتراشی دوسر استفاده می‌کردند. ضربهٔ چنین چکشهایی، در سنگ ایجاد ترک می‌کرد. آنها از نتیجه این کار اطلاع داشتند و از این چکشها تنها برای تراشیدن گرانیت (غرب فرانسه) استفاده می‌کردند.

قلابهای فلزی که در دورهٔ روم رسم نبود، در ساختمانهای گوتیک هر جا که ترک ایجاد شده بود به‌کار رفته است و نشانهٔ لغزش مصالح می‌باشد. در سطوح تشکیل‌دهندهٔ چینهٔ بالایی پی، همان‌طور که در نتردام پاریس دیده می‌شود، همهٔ سنگها بوسیلهٔ قلابهای آهنی که سرهای آنها در سرب فرورفته‌اند، متصل می‌باشند.

در دوران رنسانس، آجر، که همیشه در ایتالیا مصرف می‌شد وارد فرانسه گردید، لیکن روش

---

۱. Sense شهری در ولایت یون در شمال شرقی فرانسه، در شامپانی.

ایتالیایی که در گذشته در این فصل بررسی شده است، در فرانسه رسم نشد. در ایتالیا آجرها روی‌هم چیده و بالا می‌رفت و قاب دروپنجره و نما و . . . بعداً ایجاد می‌شد، درحالی‌که در فرانسه این قسمتها جدا از خود ساختمان نبودند و مصالح آنها اگر هم از نوع دیگری بود همراه با بقیهٔ ساختمان کارگذاری می‌شد.

فرچه‌کشی روی نما، سنت روم است که تنها در ایتالیا حفظ شده است. این روش که منظرهٔ زینتی مغایر با منظرهٔ بندکشی بین سنگها ایجاد می‌کند، بتدریج وارد فرانسه شد. در زمان لویی دوازدهم و آغاز سلطنت فرانسوای اول سنت گوتیک ادامه داشت. ساختن طاقهای رگه‌دار تا اواسط سدهٔ شانزدهم ادامه یافته است. تنها عنصر تازه در آنها، روکش کردن قابهای دیوار با آجر است.

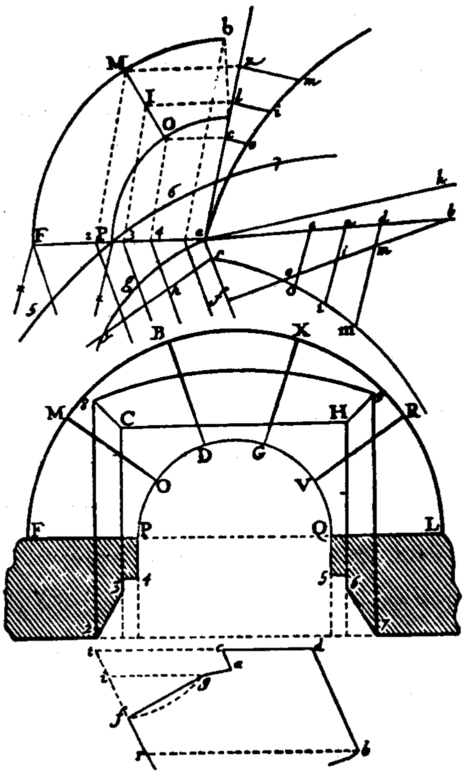
در زمان فیلیبرت دلورم[1] (متولد لیون در سال ۱۵۱۸ و مرگ در سال ۱۵۷۷) بود که طاقهایی کم‌وبیش پیچیده طرح شد و رجهای خاص همراه با بندکشی مناسب آن اجرا گردید. اما این دورانی بود که در آن پیشرفت دانش هندسه، رسم مقاطع سنگها را آسان کرده بود. دلورم در سال ۱۵۴۶ هنگام بازگشت از روم به فرانسه، رسم طوماری (حلزونکاری) سرستونهای ایونیانی را مورد بررسی قرار داد و نوشتهٔ او در سال ۱۵۶۷ پیش از پالادیو (۱۵۷۰) انتشار یافت، ازاین‌روی گاهی اختراع این روش را به وی نسبت می‌دهند.

پیدایش برش جامدات (استریو تومی): سنگتراشان از دیرزمان از روشهای کم‌وبیش مشابهی برای رسم طاقهای مایل، پاطاقها، نیم‌طاق (سکنج)ها استفاده می‌کردند. معماران قدیمی دارای آن دانش هندسی بودند که به آنها امکان رسم چنین نقشه‌هایی را می‌داد، در مشرق این دانش حفظ شده بود. اما معماران قرون وسطایی آنها را از دست داده یا فراموش کرده بودند و می‌بایست با کاربرد مصالحی از قبیل قلوه‌سنگها، این سطوح را با کوشش زیاد اجرا کنند. این نیز گواه دیگری است بر اینکه این پندار که معماران قرون وسطی دارای دانشی بودند، که آن را در سینه پنهان می‌داشتند و در نتیجه از دست رفته است ـ دانشی که گویا چون معماران کنونی ما از آن بی‌بهره‌اند، نمی‌توانند کارهای قرون وسطایی، بویژه نیم‌طاقها (سکنجها) را اجرا کنند ـ تا چه اندازه از حقیقت به دور است.

این روشهای ترسیم که از فقط تقریبی بودند مورد مداقه و بررسی قرارگرفتند. اما جالبترین طرحها در ساختمانهای پرشکوه (مثلاً هتل پنسه[2] در آنژه، ۱۵۲۳ـ۱۵۳۰)، دژهای دره‌لوار و . . . است.

پیشرفت علوم ریاضی در سدهٔ هفدهم، راه‌حلهای هندسی دقیقی را در اختیار گذاشت. دزارگ (ژرار) نظراتی ابراز داشت که کاربرد آنها به‌علت ارائه غیرعادی، دشوار می‌نمود. با

1. Philibert Delorme 2. hôtel Pincé



شکل ۲۶۲.نقشهٔ سنگها براساس هندسهٔ تصویری دزارگ.

این همه دزارگ توانست آنها را در تراشیدن سنگها به‌کار برد. در سال ۱۶۴۳ آقای آبراهام بوس[۱] (۱۶۰۲ـ۱۶۷۶) کتاب خود را با عنوان زیر انتشار داد: La Pratique du Trait, à prevues, de M. Desargues, Lyonnais, pour la coupe des *Pierres en l' Architecture* (شکل ۲۶۲).

آقای بوس عناصر هندسهٔ تصویری را در حقیقت از دزارگ گرفته بود. این رشتهٔ علمی تا زمان پونسله[۲] کمال نیافت.

برش جامدات که دانشی واقعی شده بود، کمکهای مؤثری به تراش‌دهندگان سنگها نمود و بدانان امکان داد تا سنتهای متروک سنگتراشان جهان باستان را از نو پی‌گیرند.

۱. A. Bosse حکاک فرانسوی که به کمک نیتریک اسید گراوورهای متعددی ساخته است.

۲. Poncelet ژان ویکتور (۱۷۸۸ـ۱۸۶۷) ریاضیدان و ژنرال فرانسوی.

تکنیک گنبدسازی: چون تکنیک گنبدسازی نقش عمده‌ای در رشته‌های متعددی از معماری داشته است، جا دارد دربارهٔ نظر پایه‌گذاران این پدیده از مفهوم گنبد و نیز روش اجرای آن چند جمله‌ای نگاشته شود.

درگذشته راجع به گنبد پانتئون روم و روش ساخت آن صحبت کرده‌ایم. طی سده‌ها و بویژه در مدت رنسانس، این گنبد مورد تحسین و مداقهٔ معماران ایتالیا قرار گرفته است (شکل ۲۶۳).

قطر درونی گنبد ۴۳٫۴۰ متر است و دیوار مدور آنکه گنبد را حمل می‌کند ۵٫۴۰ متر ضخامت دارد. ارتفاع ساختمان از سطح زمین ۴۴٫۴۰ متر است که تقریباً برابر قطر آن می‌باشد. طاقگاه (شروع گنبد) در ۲۲٫۵۰ متری سطح زمین است که حدود نیمی از ارتفاع کل ساختمان می‌باشد.

در قسطنطنیه کلیسای بزرگ ایاصوفیه (سانتاسوفیا) در سال ۴۱۵ بوسیلهٔ تئودوسیوس[1] دوم ساخته شد، اما در سال ۵۰۲ در اثر آتش‌سوزی ویران گشت، یوستینیانوس[2] براساس طرح سترگی آن را بازسازی کرد. ساختمان مجدد آن در سال ۵۳۹ به پایان رسید. چندین زمین‌لرزه آن را تکان داد (۵۵۵ـ۵۵۷) و در تاریخ ۷ ماه مه سال ۵۵۸ نیمی ازگنبد فرو ریخت. تجدید بنای آن بر روی صفه‌ای از مصالح بنّایی به ارتفاع ۶متر انجام گرفت. پایه‌های آن از سنگهای آهکی است که با قلابهای آهنی اتصال یافته‌اند. یوستینیانوس بی‌درنگ به کمک خواهرزادهٔ ایسیدوروس ملطی گنبد را بازسازی کرد. ارتفاع آن افزایش یافت تا آنکه فشارهای محوری کاهش یابند و قوسهای اصلی تقویت شدند. بعدها، در زمان حکمروایی سلطان مراد سوم (۱۵۷۲ـ۱۵۹۶)، دیوارهای قطوری برای تقویت اضافه شد که از بیرون سنگین و دارای بار زیاد می‌نمود.

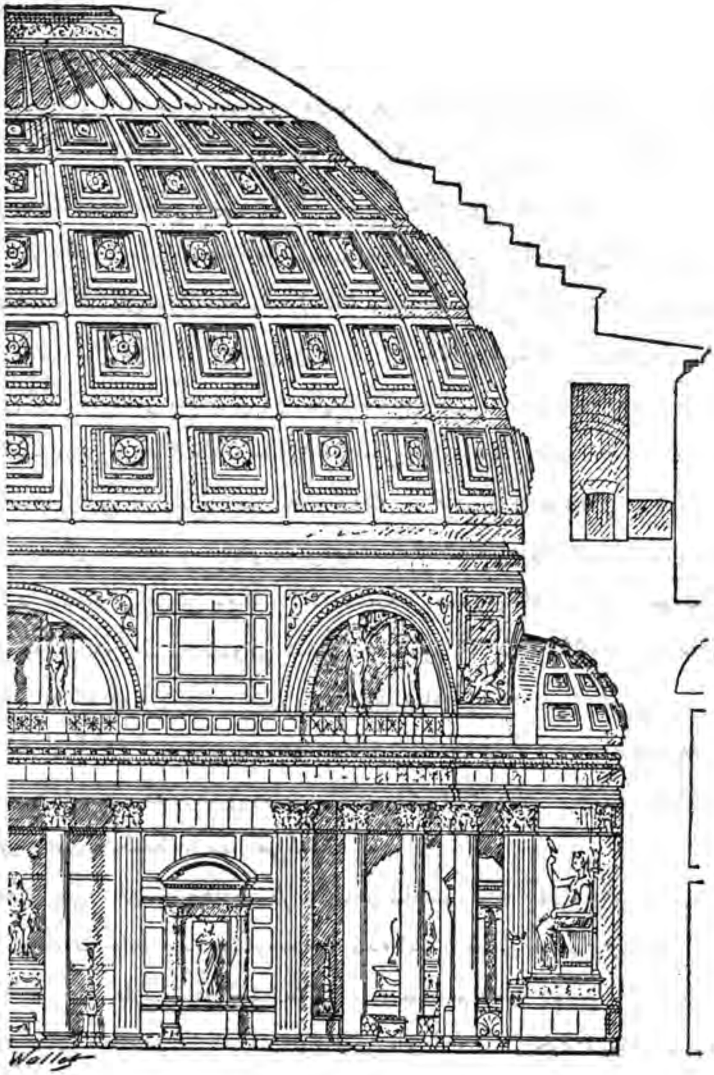
گنبد که قطر آن ۳۲٫۶۴ است بر روی چهار پا طاق (سکنج) قرارگرفته است. فشارهای محوری در چند طاق ربع دایره‌ای واقع در شرق ونیز بوسیلهٔ قوسهای دارای پایه‌های تقویتی (شکل ۲۶۴)در قسمت شمال و جنوب یکدیگر را مهار می‌کنند.

در سده‌های پس از آن، نمونه‌های دیگر ازگنبد را شاهدیم، گرچه آنها کوچکتر هستند. نمازخانه کاخ‌نشین اکس که در اواخر سدهٔ هشتم ساخته شده است، شامل سالنی هشت‌گوش است که فقط ۱۴٫۵۰ متر قطر دارد. شکل هشت‌گوش برای مستقیم شدن دیوارهاست، زیرا در آوردن پنجره در آنها آسانتر از انجام این کار در دیوار استوانه‌ای است. در خود گنبد آن پنجره‌ای دیده نمی‌شود و دشواریهای نقشهٔ آن به کمترین مقدار رسیده است. اطراف آن، در عرض ۶٫۳۰ متر یک کثیرالاضلاع ۱۶ ضلعی با هشت ضلعی مرکزی ترکیب می‌شود. همین تعداد قوسهای قطری،

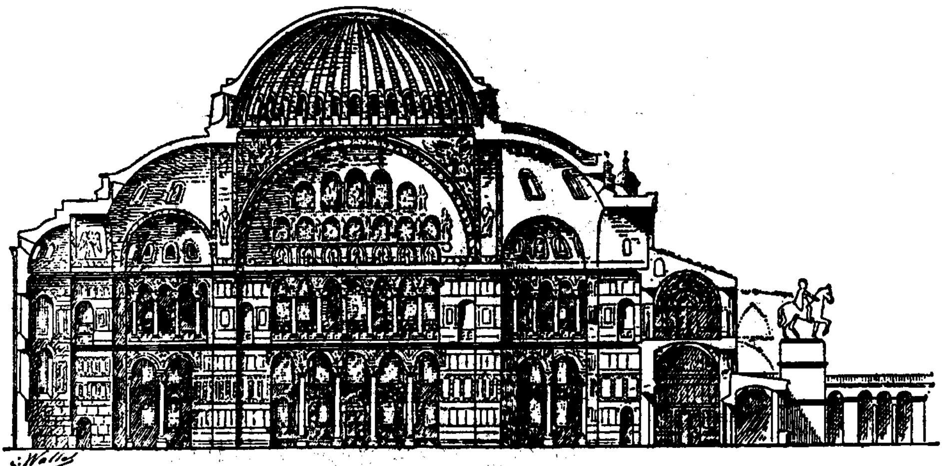
---

۱. Theodosius ۴۰۱ـ۴۵۰ از سال ۴۰۸ امپراطور روم شرقی شد.

۲. Justinian ۴۸۲ـ۵۶۵ از سال ۵۲۷ امپراطور روم شرقی شد.



شکل ۲۶۳. پانتئون روم.



شکل ۲۶۴. ایاصوفیه (سانتاسوفیا).

فشارهای محوری گنبد را روی دیوارهای حصار انتقال می‌دهند.

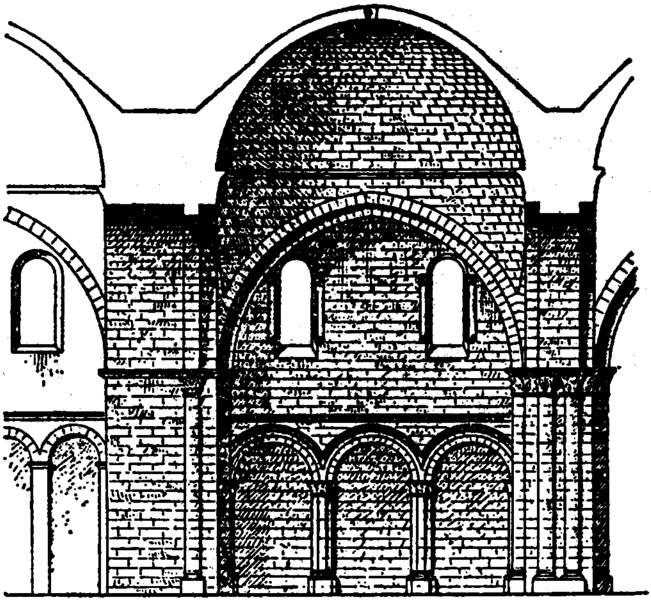
در ساختمانهای فرانسه مرکزی نیز گنبدسازی رواج داشته است، این گنبدها به‌شکل بسیار ابتدایی و ناهموار در بورگونی از سال ۱۰۵۰ ساخته شده‌اند. کلیسای آونا[1] این سیستم بسیار ابتدایی نیم‌طاق را که با قوسهای کوچک از سنگهایی که با زمختی تراشیده شده‌اند، با طاقهای کوچک ساخته شده از مصالح ناهموار نشان می‌دهد. در بالا، قسمتی از دیواری که در زیر گنبد، تشکیل محوطهٔ هشت‌گوشی را می‌دهد، استقرار یافته است.

همین سیستم در بلانو دیده می‌شود و می‌توان ادعا کرد که ساخت آن نه مستلزم در دست داشتن نقشهٔ دقیق بوده است نه تراشکاری پیچیدهٔ سنگها. مصالح ساختمانی در زیر اندود دیوارها پنهان است و بدین‌ترتیب سطوح همواری به‌چشم می‌آیند که بر روی آن افزایش تزییناتی ساده یا دارای سبک ممکن بود.

کلیساهایی مانند سن-فرون[2] در پریگو یا کلیسای آنگولم (شکل ۲۶۵) از تکنیکی بسیار پیشرفته در زمینهٔ مصالح ساختمانی و نیز تراشکاری سنگها برخوردار هستند و طرز تراش سنگهای در این کلیساها، نشانی از ادامهٔ نفوذ مشرق‌زمین است که شایع است از راه مدیترانه و سیسیل وارد شده بود.

در سن فرون پاطاقها معمولی چیده شده‌اند تا ایجاد سطوح کروی ممکن گردد و این راه‌حلی

1. Avenas 2. Saint-Front



شکل ۲۶۵.کلیسای آنگولم.

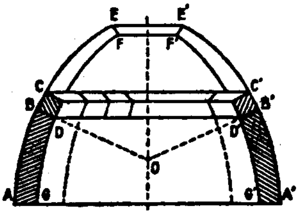
است که در ایاصوفیه برای انتقال از یک سطح مربعی به سطح کروی گنبد اجراً شده است (اواخر سدهٔ یازدهم و اوایل سدهٔ دوازدهم).

در گنبدهای کروی فونته‌ورو[1] که شمالیتر هستند از همین راه‌حل، اما بدون پاطاق استفاده شده است. سطح کره به‌طور مستقیم روی رگه‌های قطری قرار داده شده‌اند.

با محدود کردن بحث خود به شاهکارهای این رشته که تاریخ آن معلوم است، ما باید از چند گنبد ساخته شده در سده‌های اخیر یاد کنیم، گنبدهایی که هنوز تحسین همگان را برمی‌انگیزند. از آن جمله می‌توان از گنبد سانتامار یادل‌فیوره (فلورانس) نام برد که برپایهٔ اصول عقلانی به همت برونلسکی اجرا شده است، و میکلانژ دربارهٔ آن گفته است: «ساختن گنبدی بدین خوبی بسیار دشوار است و از این بهتر امکانپذیر نیست.»

برونلسکی: باید به‌خاطر آورد که هنرمندی مانند برونلسکی برای آموختن از آثار بزرگ باستانی به‌روم رفت، و در سالهای ۱۴۰۴ تا ۱۴۱۵ همراه با دوناتلو از دیدن یادمانهای پرشکوه این شهر لذت می‌برد.

1. Fontevrault



شکل ۲۶۶.تعادل در گنبد.

برونلسکی در بازگشت خود به فلورانس گنبد ساخت خود را طرح کرد و در سال ۱۴۱۷ استوانه آن را بر روی چهارپایهٔ سترگ برقرار کرد، گنبدی که تا امروز چشمان را خیره می‌سازد. برج نورگیر که پنجره بالایی گنبد را زینت می‌دهد، تا سال ۱۴۶۱، یعنی ۱۷ سال پس از مرگ معمار آن به پایان نرسید.

با این همه این طرح و اندیشهٔ بلندپروازانهٔ آن بشدت مورد انتقاد قرار گرفته است، هم مستوفیان کلیسا و هم لورنتسو گیبرتی، طراح دربهای مشهور باتیستر[1] گمان می‌بردند که چنین گنبدی را نمی‌توان بدون سنگ سرطاق جمع کرد.

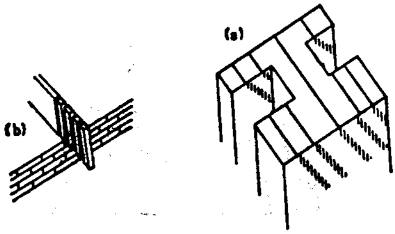
در شکل ۲۶۶ نشان داده می‌شود که تفکرات دربارهٔ توزیع فشارها در آن‌زمان تا چه اندازه ناکامل و متضاد با یکدیگر بودند: چنانچه یک برش عمودی از طریق محور ایجاد کنیم، دو قسمت قوسهای نصف‌النهاری بدون پشتوان می‌مانند. طاق بدون سنگ سرطاق می‌باشد و بنابراین پایدار نیست. اینها نظرات گیبرتی بود.

اما برونلسکی می‌گوید: چنانچه برعکس، ما گنبد را همچون ردیفی از حلقه‌ها که بر روی یکدیگر ساخته شده‌اند بدانیم، این حقیقت که هر قسمت تحت‌فشار وزن خود است، نشان می‌دهد که گنبد پایدار می‌ماند.

این تکنیک ساختمانی خط فکری حاکم بر معماری را بروشنی نشان می‌دهد. این گنبد ساختمان دوگانه‌ای است. دو سطح که بر یکدیگر سوار هستند، اما رگه‌هایی نصف‌النهاری آنها را به یکدیگر اتصال داده و مجموعهٔ سبک و محکمی را ایجاد کرده‌اند.

در این کشور که کاربرد آجر رواج عمومی داشت، در ساختمانهای فلورانس نیز طبیعتاً از این روش پیروی می‌شد. شکل ۲۶۷ ترتیب آجرها را نشان می‌دهد، اما چیزی که در اینجا ویژگی دارد این است که رگچینهای عمودی آجر در فواصلی معین، رگچینهای افقی یا کمی مایل را که قطع

1. Baptistére



شکل ۲۶۷.ساختمان آجری (فلورانس).

می‌کنند، نوعی رگچین حلزونی ایجاد می‌شود و گنبد تقریباً نوک‌تیز و سه‌گوش می‌شود.

چنین می‌نماید که برونلسکی با ترتیب بالا سیستمی از رجهای عمودی را پیش آورده است تا از ترکها و شکستهای مصالح طاق جلوگیری شود. آقای شوازی این را ترفندی برای رسم نیمرخهای طاق بر روی سیمهای کشیده شده یا ریسمانهای شیروان‌ساز می‌داند، اما برای رسم یک نقشهٔ ساده، این کار راه بسیار پیچیده‌ای است و بجاست آن را نوعی سیستم ساختمانی دانست که بر پایهٔ درکی عمیق و سنجیده بنا شده است.

بنابراین مردم فلورانس از اینکه می‌دیدند نظر برونلسکی درست بوده است و گنبد در حلقه‌های پیاپی، بدون چوب‌بست، پشتوان یا شمعهای معلق بالا رفته است، شگفت‌زده شدند. خود گنبد در سال ۱۴۲۵ ساخته شد و بعدها برج نورگیر بر آن گذارده شد. بر پایهٔ تئوری معماری وزن این برج، تنها به پایداری طاق کمک می‌کند.

همین‌که این کلیسای جامع فلورانس تمام شد، پاپ نیکولاوس پنجم که با عفو عمومی سال ۱۴۵۰ از نظر پولی تأمین شده بود، خواست کلیسای بازیلیکی دیگری در سن‌پیر بسازد که از کلیسای فلورانس بالاتر باشد. نقشهٔ چنین کلیسایی چند بار دستکاری شد و در سال ۱۵۴۷ میکلانژ آن را پذیرفت. قطر گنبد این کلیسا از گنبد ۴۳ متری فلورانس کمتر بود- همچنین نسبت به گنبد ایاصوفیه (سانتاسوفیا) و پانتئون- و بنای آن گرچه یک سده پس از ساختن کلیسای فلورانس بود، اما هیچ چیز تازه‌ای را نشان نمی‌داد. گنبد آنکه کمتر نوک‌تیز بود، به‌اندازهٔ گنبد فلورانس بی‌پشتوان نمی‌نمود و طاق آن‌هم می‌بایست با کمک شابلونهایی زده شده باشد. شابلونها تنها رگه‌های طولی را نگاه می‌داشتند، بنابراین زیاد سنگین نبودند، و قابهای آن را بعدها گذاشتند، البته بدون شابلون و بدون اینکه روی تیرهای سقف سنگینی کنند. این ساختمان به‌اندازهٔ کار برونلسکی متصل و یکپارچه نبود.

این کارهای بزرگ بر روی ساختمانهای سدهٔ هفدهم تأثیر عمیقی داشتند. کلیساهای: سوربون[۱] سازنده لومرسیه[۲]، وال دو گراس[۳] (فرانسوا منسار) در زمان لویی سیزدهم و گنبد آنوالید، در دوران لویی چهاردهم که شاهکار مکتب ژول هاردوان‌منسار است، از آنها تقلید کرده‌اند. گنبد آنوالید روی استوانه‌ای قرار دارد که در طول آن شمعهای تقویتی گذارده‌اند. کلیسای سنت‌پول لندن که اثر سرکریستوفر رن (۱۷۰۰) است، تقریباً همزمان با گنبد آنوالید ساخته شده است.

رشتهٔ طاقسازی در سدهٔ هجدهم یکی از آخرین کارهای خود را با ساخت پانتئون سوفلو[۴] در سال ۱۷۵۵ ارائه داشت.

ساختمانهای عربی: این گنبدها با این که کارهای جالبی هستند اما فاقد تکنیکهای بسیار نوین می‌باشند. در ساخت آنها از روشهای معماران محلی استفاده شده است که زمان درازی قبل از هجوم اعراب، ایرانیها، سوریها، قبطیها در اسپانیا می‌زیستند.

با این‌همه ویژگی آنها، بخصوص هنر اعراب، کاربرد طرحهای خطی هندسی است که برای متن کلی ساختمان، نوعی زینت به‌شمار می‌آید. کاربرد چندضلعیهای گوناگون و ترکیب آنها با یکدیگر بر همهٔ این طرحها حاکم است (شکل ۲۶۸).قانون ترکیب آنها چیز ساده‌ای است: مجموع زوایای اطراف یک نقطه همیشه برابر چهار زاویهٔ قائمه است (*L'art arabe* نوشتهٔ A. Gayet).

رگچینی اولیهٔ قبطیها به شکلهای مثلثی، مربعی، لوزی و هشت‌ضلعی محدود می‌شد و از اتحاد آنها، مربع یا مستطیل تشکیل می‌شد. دانشمندان آشنا به‌رشتهٔ جبر عرب، چند ضلعیها را با یکدیگر متحد ساخته، اشکال گوناگونی ایجاد می‌کردند. بعدها آنها نتیجه گرفتند که دو هشت ضلعی ویک مربع را می‌توان با هم جمع کرد، زیرا براساس زوایای قائمه، مجموع زوایای آنها چنین است:

$$۲ \times ۱/۲و۱ + ۱ = ۴$$

و مجموع زوایای دو شش ضلعی و دو مثلث متساوی‌الاضلاع نیز چهار قائمه است.

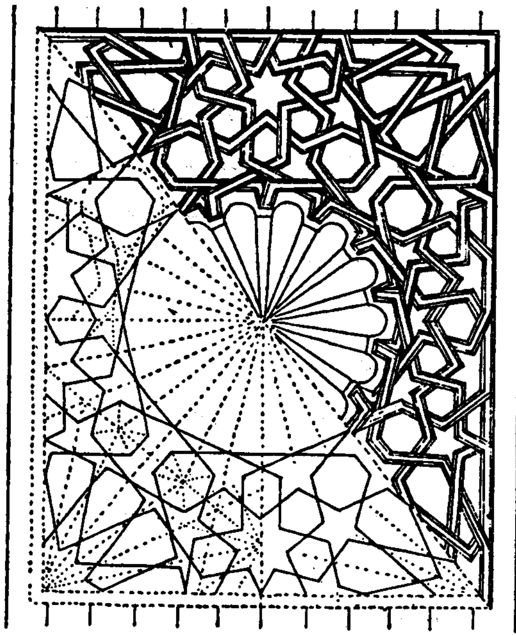
$$۲ \times ۱/۳و۱ + ۲ \times ۲/۳ = ۴$$

و باز مجموع زوایای دو دوازده ضلعی و یک مثلث متساوی‌الاضلاع همین نتیجه را دارد:

$$۲ \times ۲/۳و۱ + ۲/۳ = ۴$$

۱. Sorbonne دانشگاهی در پاریس که در سال ۱۲۵۷ تأسیس شده است.

2. Lemercier 3. Val-de-Grâce 4. Soufflot



شکل ۲۶۸.طرحهای عربی.

و همینطور ادامه می‌دادند.

آنها امکان جمع کردن سه چندضلعی گوناگون را یافتند:

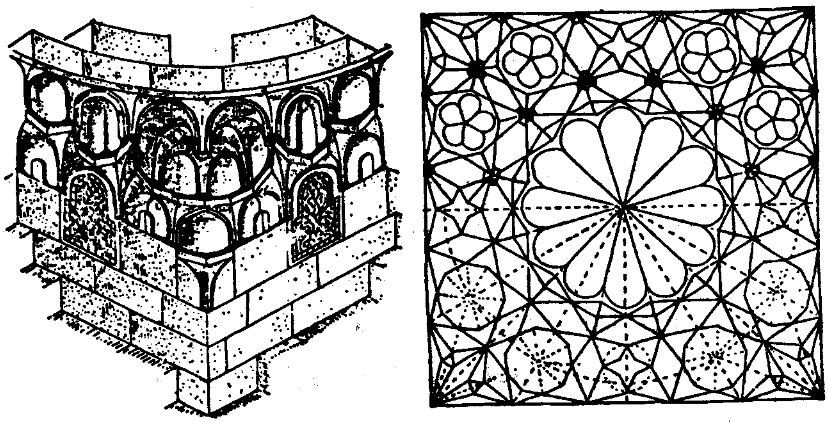
یک شش‌ضلعی، دو مربع و یک مثلث:

$$۱/۳و۱ + ۲ + ۲/۳ = ۴$$

اعراب بدین شرکت‌پذیریها جنبهٔ رازوری می‌دادند:

اشکال اعداد زوج، آرامبخش و محکم هستند، درحالی‌که اعداد فرد آشفتگی و تزلزل ایجاد می‌کنند. بدین‌ترتیب باید گفت که ترکیب آنها مخلوطی از انواع احساسات را سبب می‌شود. با درهم بافتن یا بر روی‌هم گذاشتن عناصر چندضلعیها می‌توان نوعی احساس جاودانگی، اختلالات روانی اسرارآمیز و ناآرامی ایجاد کرد.

به‌طور خلاصه باید گفت که چارچوب تزیینات چندضلعی برپایهٔ چهار عنصر، شبکه، تجمع چند ضلعیهای ساده، دوره‌های مماسی و اشکال مشتق از آنها قرار دارد. همین روحیه بر مقرنس (استالاکتیت)های پررمزورازی که به‌جای پاطاقها و نیم‌طاقها به‌کار رفته‌اند، حکومت می‌کند



شکل ۲۶۹.پاطاقها و نیم‌طاقهای عربی (برشهای عمودی و افقی).

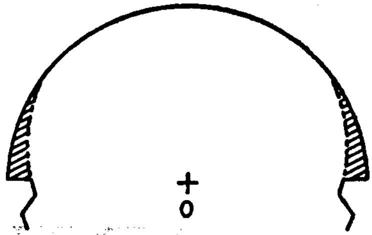
(شکل ۲۶۹) که آنها هم منشأ هندسی دارند.

همین روشها، معیار انتخاب اثاثه و نوع معماری بوده است، و این ساختمانها از ترکیب منشورهای با مقاطع سه‌گوش، مربعی یا پنج‌گوش نتیجه شده‌اند و جملگی گواه بر اطلاعات کامل سازندگان آنها از دانش تراش سنگ هستند.

قوس نعل اسبی: جنبهٔ مشخصهٔ دیگری از هنر مسلمانان، کاربرد قوس نعل‌اسبی، چه‌گرد و چه نوکدار است.

دربارهٔ خاستگاه قوس نعل‌اسبی، گفت‌وگو فراوان است. شوازی آن را تحولی از قوس تمام‌دور می‌داند (شکل ۲۷۰). پایه‌های طاق که مقداری تو نشسته است، سکوهایی ایجاد کرده‌اند که شابلونهای چوبی را می‌توانستند نگاه دارند، شابلونهای درون مصالح ساختمانی از دید پوشیده شده‌اند، که بعدها چنین تمهیدی را هشیارانه رعایت کرده‌اند.

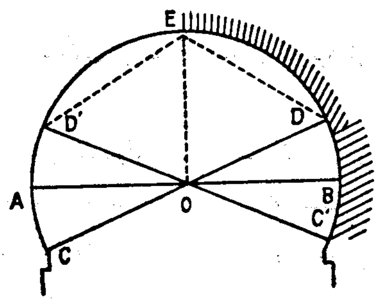
در حقیقت بررسی قوسهای گوناگون، حتی قوسهای دورانهای اولیه، این فرضیه را رد می‌کنند



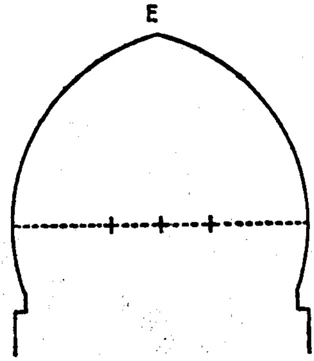
شکل ۲۷۰.تحول قوس تمام‌دور به نعل اسبی (طبق نظر شوازی).

و بخوبی روشن است که طاقگاه با روش پیشامدگی بسته شده است (شکل ۲۷۱)، اما شیب آن به‌سوی بیرون است؛ بدین‌ترتیب پیشامدگی در خطر افتادن به‌درون نیست. وانگهی شیبهای دوسوی قوس، گذاردن شابلون چوبی را ممکن می‌سازند، زیرا همچون پشت‌بندی عمل می‌کنند. نیازی بدین نیست که شابلون بر روی پایه‌هایی قرار گیرد، درحالی‌که در اوایل دورهٔ رومیایی فرانسه، این نیاز وجود داشت. قطعات گوه‌ای قوس را ممکن بود از قلوه‌سنگها و یا از سنگهای تراشیده باشند، روی شابلون قرار می‌دادند.

این تکنیک درکارهایی که با این تفکر انجام گرفته‌اند، چه با قلوه‌سنگهای درشت که بعداً روی آن را تزیین کردند و چه با سنگهای تراشیده شده، به‌آسانی دنبال گرفته شد. بندهای بین سنگها یکدست نیست و مطابق نوع ساختمان تغییر می‌کند. بندهای مربوط به قسمتهای پیشامده نازکتر هستند و ساروج نرم آن در موقع بندکشی تراشیده شده و در قسمتهایی که روی شابلون گذارده شده است، ضخیمتر می‌باشند. چنین طرزکاری همراه با قوسهای دارای دو مرکز (شکل ۲۷۲)،قوس



شکل ۲۷۱.ساختمان قوس نعل اسبی.



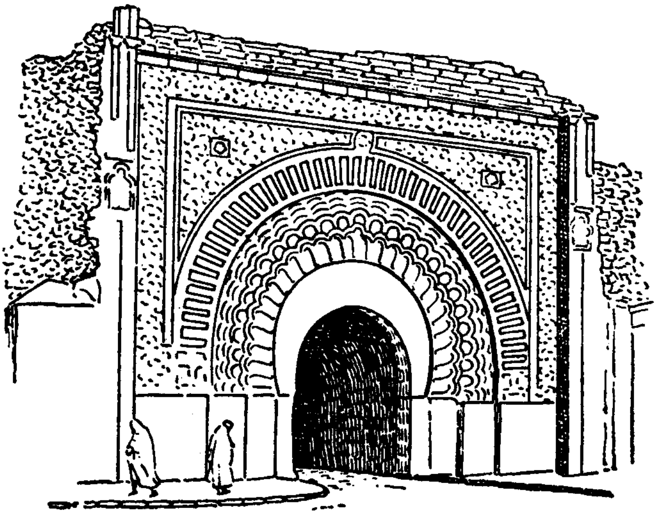
شکل ۲۷۲.قوس نوکدار عربی.

نعل‌اسبی نوکدار را ایجاد کرده است.

نمونه‌های متعدد چنین قوسهایی شامل دروازهٔ یادمانی باب اغناو در مراکش است، این دروازه که از قدیمیترین دروازه‌های زمان الموحدون است و در زمان سلطنت عبدالمؤمن (۱۱۳۰ـ۱۱۶۳) ساخته شده است. این دروازه از قطعه‌سنگهایی ساخته شده است که از قلیز می‌آوردند که ۵ تا ۶ کیلومتر از آنجا فاصله داشت و نمونه بسیار خوبی از هنر مراکش است (شکل ۲۷۳).در شهر رباط هم دروازهٔ قصبه اودایاس (مربوط به دوران سلطنت یعقوب‌المنصور ۱۱۸۲ـ۱۱۹۴) وجود دارد که سنگهای اخرایی رنگ قشنگ آن با باب اغناو همچشمی می‌کند.

در ساختمان دروازه‌های الحمراء واقع در غرناطه نیز همین تکنیک را بدون هیچ‌گونه تغییری می‌توان دید. بخش بزرگی از ساختمانهای الحمراء در دوران پادشاهی یوسف اول (۱۳۳۳ـ۱۳۵۴) و محمد پنجم (۱۳۵۴ـ۱۳۹۱) بنا شده است. در دو نمای دروازهٔ وین جزئیات کار بخوبی نمایان است و قسمتهای ساخته شده با پیشامدگی و آنها که با شابلون ساخته شده‌اند، بخوبی مشخص هستند. در دروازهٔ ژوستیس، آجرها را به همان شکل رگچینی کرده و سپس روی آنها را لعاب زده‌اند.

در مورد ساختن مناره‌ها می‌توان گفت که کار به‌آسانی پیش می‌رفت: دیوارهای توپرکه سنگهای آن تزیین شده، طبق همان روشهای زینتی گچبری می‌شدند و این کارها سبب می‌شد که جنبهٔ بسیار باشکوه و تحسین‌برانگیزی داشته باشند. به‌عنوان نمونه می‌توان از منارهٔ کتیبهٔ مراکش نام برد که برپایهٔ مربعی‌شکل به طول ۱۲٫۵ متر تا ۶۷٫۵۰ متر بالا رفته است (۱۱۵۳) که می‌توان آن را خواهر منارهٔ حسن‌رباط دانست که در سال ۱۱۹۵ بر روی مربعی با طول ۱۶٫۲۰ متر تا ۴۴



شکل **۲۷۳**.باب اغناو در مراکش.

متر بالا رفته، اما ناتمام مانده است. مصالح ساختمانی این مناره از یک معدن سنگ واقع در ۱۲ کیلومتری وادی اکروش در ملتقای رودخانه بورگرگ با کشتی آورده شده است.

ساختمانهای ترکی: تکنیک معماران بزرگ ترک را نمی‌توان نادیده گرفت. اما برای مشخص نمودن این تکنیک کافی است بگوییم که از ساختمانهای برجای مانده از دوران بیزانس الهام گرفته شده است.

از مسجد سبز نیقیه (سدهٔ چهاردهم) که تنها دارای گنبد بزرگی در مکعب محقری ساخته شده از مصالح ساختمانی است تا مسجد اسکی چمی (مسجد کهنه)، ۱۳۵۰، در ادرنه و مسجد یشیل چمی (مسجد سبز)، ۱۴۷۰، در بورسه؛ مسجد محمد فاتح که در زمان سلطنت او بوسیلهٔ معماران یونانی ساخته شده است، همگی صبغهٔ بیزانسی دارند.

اما ذکر کارهای فراوان معمار بزرگ ترک، سینان (۱۴۸۹ـ۱۵۷۸) اهمیت ویژه دارد. این معمار که در زمان سلیمان، سلیم دوم و مراد سوم می‌زیست، سازندهٔ ۱۳۲ یادمان ـ اکثراً مسجد ـ می‌باشد: مساجد: شهزاده (۱۵۴۳ـ۱۵۴۸)، سلیمانیه (۱۵۵۰ـ۱۵۶۶) که گنبد آن گرچه از گنبد ایاصوفیه (۲۶ متر) کوچکتر است، اما ۶ متر بلندتر و متعادلتر می‌باشد. سینان که تبار یونانی داشت، به‌طور شگفت‌انگیزی می‌توانست از مدل خود نتیجه‌گیریهای منطقی تهورآمیزی داشته باشد و خطوط کار

خود را با دیدی هندسی ترسیم کند و نمای کارهای خود را زینت دهد. کارهای او گرچه از یادمانهای بیزانسی کمتر پرزرق‌وبرق و بیشتر سرد هستند، اما پرهیبت می‌باشند و شاهکار آن مسجد سلطان سلیم در ادرنه است.

همه این ساختمانها با یک نقشه عمومی مطابقت دارند، گنبد بر روی قوس اصلی یا ستون کمکی حمل می‌شود و بر روی دو (مسجد ایاصوفیه) یا چهار (مسجد شهزاده) طاق ربع کره‌ای قرار دارد.

در همهٔ اینها، نقشهای هندسی وجود دارند و تعادل آنها ظاهراً بیشتر نتیجهٔ بصیرت و کاردانی معماران آنها بوده است تا محاسباتی که ما اطلاعی از آن نداریم و نمی‌توان آنها را برپایهٔ اطلاعات مربوط به فشارهای درونی و جهات این فشارها، دانشی که در آن زمان وجود نداشت، توجیه کرد.

جنبه‌هایی از خانه‌های شخصی

بخاری: مشکل گرمسازی در بعضی از مناطق دارای هوای سرد خود رانشان می‌داد و در این مناطق، بخاری بخش مهمی از ساختمان بود.

در ساختمانهای یک طبقه، رومیها ازگلخن (بخاری دیواری) استفاده می‌کردند. گازها و دود گرم آتشخانه از زیر فرش سنگی که بر روی پایه‌هایی از آجرهای کوچک گذارده شده بودند، می‌گذشت و آتشخانه که از خاک و آجر ساخته شده بود در فاصله‌ای جدا از خانه قرار داشت. گلخن که بویژه درگرمابه‌های روم مورداستفاده قرار می‌گرفت، تا سدهٔ نهم هم (در سن گال سویس) وجود داشت.

در همین سن‌گال، سنگ بزرگی وجود دارد که در وسط محوطه‌ای که باید گرم شود به‌عنوان گلخن عمل می‌کرده است و روزنه‌ای در سقف، در بالای آن، خروج دود را ممکن می‌سازد. این ساختمان را می‌توان نوعی کلبهٔ قدیمی دانست که روزنه‌ای در وسط سقف دارد.

این نوع گلخن هرقدرهم که ابتدایی بود، باز هم در سده‌های شانزدهم و هفدهم در انگلستان در جاهایی دیده می‌شد. نخستین تکمیلی که در آن انجام گرفت، گذاردن لوله‌ای گلی در روزنه بود تا از آن حمایت کند، وگام بعدی ساختن تمهیدی در داخل اطاق، بر روی آتشخانه بود که از چهار تیرک افقی بر روی چهار ستون گلی تشکیل می‌شد که هرمی توخالی ساخته شده از مصالح ساختمانی بر روی آنها قرار داده می‌شد؛ نوک این هرم در لولهٔ وصل به‌روزنه قرار می‌گرفت. چنین آتشخانه‌ای که از هرطرف باز است تا امروز هم در برس[1] فعال است و آن را بخاری ساراسنها (مسلمانان) می‌نامند.

۱. Bresse ناحیه‌ای در مشرق فرانسه، بین سون و ژورا.

اما خانه‌های چندطبقه در جاهایی که فضا کم بود، مثلاً درون حصار شهرها، جای خانه‌های یک طبقه را گرفتند. در روم هم، محله‌هایی وجود داشت که خانه‌های مجلل ویلایی (مثلاً در پمپی) در اکثریت بودند و نیز محله‌های شلوغی وجود داشت که خانه‌های دارای چندین طبقه بودند. سیستم گرم کردن بالا که در بام دارای روزنی برای خروج دود بود، در چنین خانه‌هایی عملی نبود.

در فرانسه پس از سدهٔ یازدهم بخاریهای دیواری رسم شد. سینه، کف و پهلوهای بخاری از سفال، کله یا راسته بود تا دربرابر گرمای آتش تاب آورند.

با شروع سدهٔ سیزدهم، کاربرد چدن امکان داد که سینهٔ بخاری از صفحهٔ چدنی تزیین شده باشد. در بالای اجاق یک نعل درگاه یا یک سر بخاری که پیشامدگیها یا پایه‌هایی آن را نگاه می‌داشت، زیر هود ساخته شده بود؛ گازها یا دود با واسطهٔ هود به دودکش فرستاده می‌شدند. دودکش در بام خانه به کلاهکی سنگی یا سفالی وصل می‌شد، که از بسته شدن دهانهٔ دودکش جلو می‌گرفت.

ما هنوز به بخاریهایی برمی‌خوریم که مربوط به سدهٔ سیزدهم می‌باشند (در فوژر[1] واقع در ایل‌ـ‌اـویلن[2])، که هود آنها بر روی پایه‌هایی گذاشته شده است و تکیه بر دیوار ندارد، این‌هم نوعی بخاری ساراسنهاست.

سربخاری و هود که نخست ساده بودند، بعدها با نقشهای معماری، قوسها و قابهای گچبری زینت یافتند و تبدیل به قفسه‌های عمودی شدند.

برای گرم کردن سالنهای بزرگ از بخاریهای جفتی (سدهٔ دوازدهم در لان، و مون سن میشل[3])، یا سه‌تایی، پشت‌به‌پشت (کلیسای فونتنه در سدهٔ سیزدهم، کاخ پواتیه در سال ۱۳۸۵) استفاده می‌شد. بعضی بخاریها از چوب یا با روکوب چوبی ساخته می‌شدند. در سدهٔ پانزدهم و شانزدهم بخاریهای گچی با روکوب چوبی رواج داشتند.

آتشدان بخاریها بزرگ گرفته می‌شد تا کنده‌های بزرگ چوب در آن جای گیرند. با شروع سدهٔ چهاردهم گاهی از زغال‌سنگ استفاده می‌کردند، زغال‌سنگ بتازگی در صنعت (شیشه‌گری، آهک‌پزی در ناحیهٔ دووه سال ۱۳۵۰) مورداستفاده قرار گرفته بود. برای سوزاندن زغال‌سنگ به پنجره نیازی بود، برای سوزاندن کنده‌ها هم از پنجره استفاده می‌شد.

چنانچه در منازل بخاری دیواری نبود، از منقل استفاده می‌شد. منقل که در تمدن رومی مورداستفاده بود، روش رایجی برای گرمسازی در خانه‌های چند طبقه بود.

---

1. Fougéres

۲. Ille-et-Vilaine ولایتی در غرب فرانسه، که بخشی از برتانی را تشکیل می‌دهد.

۳. Mont-Saint-Michel روستایی در مانش (نورماندی) فرانسه.

پنجره‌ها: پنجره‌ها بمنظور روشن‌سازی و تهویهٔ ساختمان گذاشته می‌شد و از نظر شکل و ابعاد می‌توان آن را در ردیف کارهای معماری دانست، اما وسایلی که برای ساخت آن به‌کار می‌روند در ردیف وسایل صنعتی قرار دارند.

تا میانهٔ سدهٔ پانزدهم در خانه‌های شخصی از پنجره‌های کرکره‌ای چوبی استفاده می‌شد. این پنجره‌ها فضاهای آزاد میان چوبهای وادار (مقسم پنجره) را پر می‌کردند و از عبور نور روز، جز در بخشهایی از آنها که چاک داده می‌شدند، جلوگیری می‌کردند.

پنجره‌های ساختمانهای بزرگ، نظیر کلیساها دارای شیشه‌های رنگی بودند. شیشه‌های رنگی اولیهٔ خانه‌های شخصی به‌علت وزن زیاد خود تنها در چاک ثابت بالای ارسی گذاشته می‌شدند. این پنجره‌ها بدون شیشه بودند. بهای سنگین شیشه‌های رنگی مانع رواج زیاد آنها بود.

در سدهٔ شانزدهم در بسیاری از خانه‌ها این وضع تغییر یافت و قطعاتی از پارچه روغنی نیم‌شفاف به‌کاربرده می‌شد. از همین‌زمان، کاغذ، که استحکام کمتر اما شفافیت بیشتری داشت، بتدریج جای پارچهٔ روغنی را می‌گیرد.

در گذر نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم، پنجره دارای شیشهٔ رنگی، کمیاب بود، اما از سال ۱۵۵۰ رواج یافت گرچه بهای آن همیشه گران و در نتیجه کاربردش محدود بوده است. در دوران سلطنت لویی سیزدهم، حتی در خانه‌های درباری از کلافهای دارای کاغذ به‌اندازهٔ شیشه استفاده می‌شد.

از نیمهٔ دوم سدهٔ هفدهم است که دوران پنجره‌های شیشه‌ای آغاز می‌شود. شیشهٔ بیرنگ جای رنگی را می‌گیرد. قطعات کوچک شیشه که همه‌جا در دسترس است، سبب می‌شود که کلافهای شیشه، مربعهای کوچکی باشند؛ سنتی که بدون کوچکترین تغییر تا اواسط سدهٔ نوزدهم باقی ماند.

تکنیک چفت‌وبست پنجره‌ها تابع وضع شیشه بود، لیکن روشن که اثر بزرگی بر تاریخ این صنعت داشته است، صنعت شیشهٔ رنگی است که کاربرد آن برای چفت‌وبست پنجرهٔ ساختمانهای بزرگ و نیز دهانهٔ عریض درهای کلیساهای عمومی، ناگزیر می‌نمود.

در جهان باستان از ورقه‌های میکایی یا سنگهای شفاف مانند رخام استفاده می‌کردند که تراشیدن و تبدیل آنها به ورقه‌های نازک کار دشواری نبود و بدین‌وسیله از پنجره‌های بسته، نور به درون اطاق می‌تابید. این پنجره‌ها ثابت و بدون لنگه‌های متحرک بودند. وزن و شکنندگی زیاد این سنگها، ثابت نگاهداشتن آنها را الزام‌آور می‌ساخت.

شیشه را از زمانهای بسیارگذشته می‌شناختند، اماکاربرد سیستماتیک آن، بویژه در ساختمانهای بزرگ از دوران بیزانس، روم و مرووِنژیانها بود. گفته شده است که درکلیساهای سن ژان لاتران[1]، سن

1. Saint-Jean-de-Latran

پل پشت حصار[1]، سن‌پیر (روم)، ایاصوفیه قسطنطنیه و بازیلیکاها (کلیسای صدر مسیحیت)یی که گرگوار دو تور[2] و فورتونا[3] بدانها اشاره کرده‌اند، از شیشه‌های رنگی استفاده می‌شد.

وانگهی باید بین شیشه‌های رنگی و شیشه‌های رنگ‌شده تفاوت گذارد. شیشه‌های رنگی با واسطهٔ اکسیدهای فلزی که به مخلوط ذوب شونده افزوده می‌شوند، به‌دست می‌آیند. این روش در گذشته در مصر برای ساختن جواهرات مصنوعی به‌کار می‌رفته است و بعدها برای ساختن قطعات نازکی مورداستفاده قرار می‌گرفت که از تجمع تکه‌های کوچک می‌توانست معرق (موزاییک)های نیم‌شفافی تشکیل دهد که بدل بهتری برای میکا بود. تعداد این قطعات کوچک بسیار زیاد و در هر متر مربع‌بین ۳۵۰ تا ۴۰۰ عدد بوده است.

شیشهٔ رنگ‌شده تنها سطح رنگی داشت و می‌توانستند اشکال یا اعدادی بر روی آن ترَسیم کنند. سپس براثر پخت شیشه، رنگها و اشکال بر روی آن برای مدتها تثبیت می‌شدند. هنر نقاشی روی شیشه (ویترای)، که بسیار گسترده‌تر و جالبتر از ساختن شیشهٔ رنگی است، در زمانی‌که کهنترین کلیساهای اوریان و اروپا ساخته می‌شدند، شناخته شده نبود و از سدهٔ نهم عقبتر نمی‌رود. بنابراین می‌توان شیشهٔ رنگی را منشأ ویترای دانست و کاربردهای نخستین و پیشرفتهای بعدی ویترای برپایهٔ شیشهٔ رنگی انجام گرفته است.

گفته شده‌است که از همان سدهٔ نهم ویترای، البته به‌صورت خام آن، برای پنجره‌های بسیار تنگ و کوچک وجود داشته است، اما تنها در سدهٔ دوازدهم بود که ویترای به شکل جدی و با ابعاد مهم پدید آمد. می‌توان به‌عنوان نمونه از پنجره‌های سن دنی‌ـساختهٔ سالهای ۱۱۴۰ـ۱۱۴۴ نام برد که آقای سوژه[4] کشیش همهٔ توجه و کوشش خود را وقف آن ساخته بود.

می‌گویند بهای تمام‌شدهٔ آن بسیار زیاد بود. شیشه‌گران برای رنگ کردن شیشه‌های خود از یاقوت کبود استفاده کردند. دستکاریهای بعدی پنجره‌های آنها را تغییر داده است و پنجره‌های کنونی محتملاً تکه‌های معدودی از شیشه‌های گذشته در خود دارند. تمثال زانوزدهٔ سوژه قدیمیترین تمثال شناخته شده است.

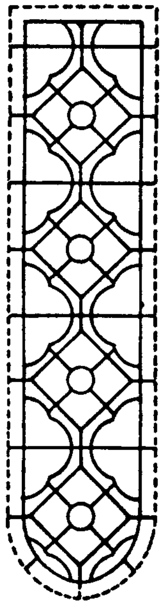
از شیشه‌های بیرنگ نیز بویژه درکلیساهای سیسترسیانها استفاده می‌شد. این کار در اثر سفارش برنارد قدیس بود که از میل به تجمل و زرق‌وبرق رنگهای ویترای، بخصوص کارهایی که سوژه در

1. Saint-Paul-Hors-les-Murs

۲. Gr. de Tours یا گریگوریوس فلورنتیوس؛ ۵۳۸ـ۵۹۳ رجل کلیسا و تاریخ‌نویس.

۳. Fortunat؛ ۵۳۰ـ۶۱۰ شاعر لاتینی سرای ایتالیا.

۴. Suger ۱۰۸۱ـ۱۱۵۱ کشیش فرانسوی که دیپلمات کارآزموده‌ای بود و مشاور لویی ششم شد.



شکل ۲۷۴.آهنکاری ویترای. (سده سیزدهم)

سن دنی انجام می‌داد، بشدت انتقاد می‌کرد.

شیشهٔ کاملاً بیرنگ در سراسر قرون وسطی ناشناخته ماند. در این دوره شیشه‌ها همیشه مایل به سبز، زرد یا آبی بودند. اما شیشه گران از این رنگها مجموعهٔ دلچسبی ایجاد می‌کردند.

از ابتدای سدهٔ دوازدهم با اینکه از شیشه‌های نسبتاً بیرنگ استفادهٔ فراوان می‌شد اما این پنجره‌ها در ساختمانهای عمومی با پولکها و تکه‌های شیشهٔ رنگی به‌عنوان نشانه‌هایی زینت داده می‌شدند. این تکه‌ها بوسیلهٔ تسمه‌ای نسبتاً عریض از سرب به یکدیگر اتصال می‌یافتند و قابی که بدین طریق ایجاد می‌شد، بوسیلهٔ میله‌هایی از آهن ورزیده محکم می‌گردید و آنها را عمودی در جایی قرار می‌دادند و میله‌های آهن از خم شدن آنها در اثر سنگینی وزن جلو می‌گرفت.

این آهنکاری، نخست ساده بود و کم‌وبیش مربعهای مساوی بودند (سدهٔ دوازدهم)، اما بتدریج پیچیده‌تر شد و در حدود سدهٔ سیزدهم حاشیهٔ مدالیونها را با آن زینت می‌دادند و بخشهایی از دایره، لوزی و . . . را تشکیل می‌دادند (شکل ۲۷۴).این اسکلت آهنی تا آنجا پیش رفت که تبدیل به عنصری از تزیینهای معماری گردید، اما کاربرد آن در زمانی‌که دهانه‌های در بوسیلهٔ وادارهای سنگی تقسیم شد، کاهش یافت.

از جنبهٔ طرح و نقشه نیز این قابها تکامل یافتند، چهرهٔ شخصیتهای بزرگ را روی شیشهٔ پنجره‌های عریض نقش کردند. آهنکاری آنها تا حد میله‌های عرضی ساده شد، زیرا دیگر نیازی به چکشکاری پانزده یا بیست (حتی گاهی از این هم بیشتر) مدالیون با اشکال مختلف برای سوار کردن و تشکیل پنجره نبود. کارهای شیشه‌گذاری نیز ساده‌تر شد، زیرا ویترای‌ساز می‌توانست سطوح بزرگی را با چهره‌های انسانی بسرعت نقاشی کند.

از سدهٔ سیزدهم به‌طور وسیعی ازگریزای (ویترای سیاه و سفید) استفاده می‌شد، این هنر نوعی رنگ صدفی ایجاد می‌کرد که تلألو همه رنگها را در خود داشت.

بسیاری از این پنجره‌های قدیمی در طول سدهٔ هجدهم از میان رفته‌اند، مثلاً در نتردام پاریس، ریمس (۱۷۳۹ـ۱۷۶۸) و شارتر (۱۷۵۷ و ۱۷۷۰ـ۱۷۸۸). این کار بمنظور افزایش

روشنایی داخل انجام می‌گرفت، چه برای نمایش دادن گچبریهای جدید و چه برای اینکه مؤمنان بتوانند آنچه را که درگذشته درکف دست خود می‌خواندند، اکنون درکتاب ببینند.

در سدهٔ چهاردهم ویترای‌سازی در ساختمانهای شخصی پیشرفت زیاد داشت. شاهان در کاخهای خود، فئودالهای بزرگ در ساختمانهای مجلل اربابی و بورژواهای ثروتمند در خانه‌های تازه‌ساز خود به‌یک یا چند ویترای افتخار می‌کردند.

در سدهٔ پانزدهم نحوهٔ اجرای ویترای بهتر شد، رنگهای تازه‌ای به مجموعهٔ رنگهای آن افزوده گشت. شیشه‌های دولایه که در سدهٔ چهاردهم اختراع شده بود و در سدهٔ پانزدهم تکامل بسیار یافت و رنگها را جلادارتر ساختند. برای دولایه کردن شیشه‌ها، یک ورقه ضخیم از شیشه بیرنگ را می‌دمیدند و شکل می‌دادند، آن‌گاه ورقهٔ دوم را که رنگین و بسیار نازک بود به‌درون اولی می‌دمیدند؛ با قلم حکاکی، چرختراش شیشه یا الماس شیشه‌گری قسمت دارای لایهٔ رنگی را می‌بریدند و طرح بسیار چشمگیری به‌دست می‌آمد، که با افزودن بعضی رنگهای نقره‌ای یا بعضی لعابها آن را جالبتر می‌ساختند.

در سدهٔ شانزدهم همهٔ وسایل در دسترس بود تا از این تکنیک برای تولید ویتراهایی استفاده کنند که صحنه‌ها یا اشخاص را بر روی جامهایی بیش از پیش بزرگ نمایش دهند. ساخت زهوارهای سربی نیز در اواسط همین دوره تحول یافت: دستگاه کشش سرب که جای رنده را برای ساختن زهوار سربی گرفت، محصول بسیار مناسبی به‌شکل نوار طویل نرمی می‌داد که به‌آسانی می‌شد آن را به دور شیشه خم کرد. کار شیشه‌گر سبک شده درحالی‌که استحکام ویترای کاهش یافته بود، اما تسمه‌های ضخیمتر و پهنتر سربی از ویترای بهتر نگاهداری می‌کردند.

در ابتدای سدهٔ هفدهم، استفاده از الماس برای بریدن شیشه شروع شد. این کار تا آن زمان با آهن تفته در آتش انجام می‌گرفت. برپایهٔ نسخه‌های کهن کشیش تئوفیلوس پرسبیتر[1] *Diversarum artium schedula* «بسته به اینکه شما شیشه را چطور می‌خواهید برش دهید، آهن تفته و برش ایجاد شده را حرکت دهید». بعدها برش شیشه با الماس شیشه‌بری رسم شد. این الماس کار را مطمئن‌تر و آسانتر انجام می‌داد. اما این وسیله، محل بریدگی را ناهموار و دندانه‌دار باقی می‌گذاشت که زمانی‌که در زهوار سربی فرو می‌رفت، اتصال آنها محکمتر می‌شد. ضخامت شیشه کمتر شد و به‌نسبت، استحکام آنها در قطعات عریض و بزرگ بازهم کمتر می‌شد.

هنر ویترای روی به تنزل گذاشت، زیرا در این دوران برای پنجره‌های خانه‌های شخصی، کاخها و ساختمانهای عمومی، به‌طور کلی از شیشه‌های بیرنگ و شفاف استفاده می‌شد.

تولید شیشه‌های جام: صنعت شیشه‌گری در قسطنطنیه رونق یافت. شیشه‌گران بیزانس در ونیز ساکن شدند و کار آنها در سدهٔ سیزدهم بسیار به‌پیش رفت. نیکولو، شیشه‌گر ونیزی در سدهٔ شانزدهم این صنعت را وارد بوهم ساخت.

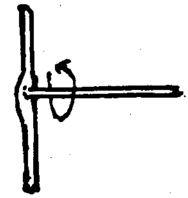
در فرانسه، که از زمان گال-رومی با صنعت شیشه آشنا بودند، نخستین شیشه‌سازی (بطری و فراورده‌های دیگر) در سال ۱۲۹۰ در نزدیکی لاکاپل[2] (در ولایت اِن) تأسیس شد. شیشه‌سازیهای متعدد دیگری طی سدهٔ بعد ایجاد شدند. اما تا سدهٔ شانزدهم پیشرفت این رشته، با وجود امتیازاتی که به شیشه‌سازان داده می‌شد، چندان نبود. شیشه بدشواری به‌دست می‌آمد، شفافیت آن یکسان‌نبود و به‌علت ناخالصیهای موجود در مواد اولیهٔ آن، به‌سبزی می‌زد.

کلبر برای افزایش تولید شیشه، از شیشه‌سازان ونیز دعوت کرد به فرانسه بیایند. یک کارگاه شیشه دمشی در تورلاویل برپا گردید (۱۶۶۵). آبراهام توارت در سال ۱۶۸۸ طرح شیشه ریخته‌گری شده را ابداع کرد و نخستین کارگاه این نوع شیشه‌ها را درکوچه روییی[3] تأسیس کرد. همین کارگاه بود که به سن گوبن انتقال یافت. درواقع در جنگل این ناحیه هم شنهای سیلیسی وجود داشت و هم چوب برای سوخت کوره.

کشورهای ونیز و اطریش به‌روش دمشی شیشه ادامه دادند و این روش را بدون تغییر عمده‌ای تا سدهٔ نوزدهم، حتی برای ابعاد بزرگ شیشه حفظ کردند. در نمایشگاه وین سال ۱۸۴۵ شیشه جامی با ابعاد ۱۱۰ × ۲۱۶ سانتیمتر وجود داشت که با روش دمشی تولید شده بود.

روش شیشه‌ریزی جای روش دمشی را گرفت. در آغاز خمیر نرم شیشه را با انبر می‌کشیدند و بدین‌ترتیب ورقه‌هایی از شیشه با ضخامت چندین میلیمتر به‌دست می‌آوردند. همین ورقه‌ها بودند

1. Theophilus presbyter ,2. La Capelle 3. Rue de Reuilly

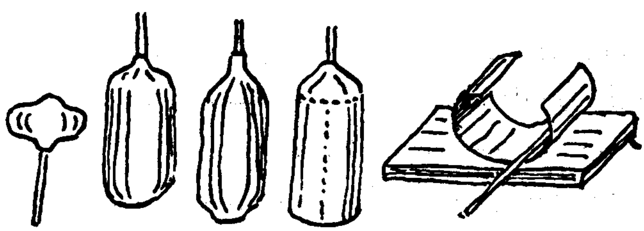


شکل ۲۷۵.تولید قطعات شیشه‌ای در سدهٔ سیزدهم.

که نویسندگان قدیمی (بویژه دوره کارونژیان) آنها را شیشه جام نوشته‌اند.

پس از این‌روش، طرزکار با نیچه شیشه‌گری رسم شد (ونیز). نیچه یک لولهٔ آهنی بود که یک سر آن گشاد بود و در طرف دیگر آن سر یکسانی قرار داشت. شاگرد شیشه‌گر مقدار کمی از خمیر شیشه را با نوک آهنی از کوره برمی‌گرفت و آن را روی سکوی کوره پیچ‌وواپیچ می‌داد و نیچه را از خمیر شیشه می‌گذرانید، کمی در آن می‌دمید، سپس آن را بسرعت می‌گردانید و قرصی هموار از شیشه ایجاد می‌کرد که ضخامت آن جز در محل اتصال با نیچه در همه‌جا یکسان بود (شکل ۲۷۵).این قرص که دارای شکمی بود از نیچه جدا می‌شد. با بریدن این قرص، صفحهٔ کمی هموار به‌دست می‌آمد که تکه‌های آن برای تولید شیشه‌های بسیار زیبای ویترای مورداستفاده قرار می‌گرفت (سدهٔ سیزدهم). خود یکسان نبودن ضخامت، سبب رنگارنگی آن می‌شد و مانع از سختی و خشکی زیاد آن بود.

برای تهیهٔ شیشه‌های یکنواخت‌تر (همان‌طورکه دیدیم از سدهٔ هفدهم به‌کار می‌رفتند) با دم خود، از خمیر شیشه، استوانه‌ای می‌ساختند (شکل ۲۷۶).شیشه‌ای که در انتهای نیچه به‌درون آن دمیده می‌شد، متحمل حرکات نوسانی می‌گردید و گلولهٔ خمیر اولیه به‌علت وزن خود آنقدر کشیده



شکل ۲۷۶.قطعات شیشه‌ای که بادم و بازدم ساخته می‌شوند (سدهٔ هفدهم).

می‌شد تا شکل بطری بزرگی را می‌گرفت که بخش وسط آن یک استوانه بود. ته این بطری را سوراخ می‌کردند و سر آن را با تخته‌ای در روی خرک گشاد می‌ساختند. تکه شیشه گرم را با آهن سردی از نیچه جدا می‌کردند؛ آن‌گاه بطری را به کمک تیغهٔ نازکی از شیشهٔ گرم که به دور آن می‌گردانیدند، سپس با آهن سردی به‌روی تیغه تقه می‌زدند تا سر بطری از نیچه جدا شود. استوانه‌ای که به‌دست می‌آمد در کوره تابداده می‌شد تا نرم گردد، آن‌گاه با سرد کردن خط ترک با آهن سرد، آن را به‌طور مورب شکاف می‌دادند. سرانجام، کار را روی میز آهنی قرار داده آن را باز می‌کردند تا شیشهٔ جام کاملاً یکنواختی به‌دست آید.

در مورد شیشه‌های ریخته‌گری شده آینه، خمیر شیشه را روی میز گرمی قرار می‌دادند و با غلتک فلزی سنگینی آن را نورد می‌کردند، تا صفحهٔ بسیار یکنواختی از شیشه به‌دست آید.

همهٔ این روشها بدون تغییر مهمی تا سدهٔ هجدهم عمل می‌شدند و در سدهٔ نوزدهم بود که مکانیزاسیون تازه‌ای از سختی کار شیشه‌گری (بخصوص دمش) تا حدودی کاست و بهای تمام‌شدهٔ آن (بطری و غیره) پایین آمد.

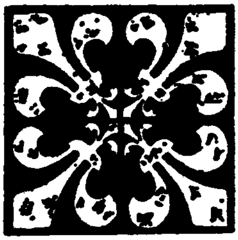
معرق و کاشی: در خانه‌های بسیار ابتدایی، که تنها دارای طبقهٔ همکف بودند، برای کفسازی، فقط به کوبیدن خاک اکتفا می‌شد و نمونه‌های بسیاری از این کار هنوز در روستاها وجود دارند. اما در خانه‌های مجلل شهری و کاخها، فرش کردن با سنگ یا مرمرهای تراشیده شده و صاف رسم شده بود، سنگهای چهارگوش بزرگ و ضخیم، سنگین و نقل و انتقال آنها دشوار بود، اما با تقسیم‌کردن آنها می‌توانستند ضخامت آنها را هم کاهش دهند و با این‌همه با به‌هم چسبانیدن این قطعات ریز، مربعهای بزرگی حتی با رنگهای گوناگون ساخته می‌شد.

معرق با مکعبهای کوچکی که در متنی از سیمان پهلوی هم قرار داده و تثبیت می‌شوند، تولید می‌گردد. این مکعبها گاهی از سنگ، زمانی سفال و یا لعاب آبی[۱] بوده‌اند که در حالت خمیری رنگ شده‌اند. این کار یک صنعت کاملاً رومیایی است که در بیزانس و ونیز بدون تغییر در طرز ساخت ادامه‌یافته است.

معرق در ساختمانهای رومی، عمومی، کاخها و یا خانه‌های مجلل فراوان دیده می‌شود. از معرق برای فرش کردن کف یا تزیین دیوار استفاده می‌شد. باید توجه داشت که فرش با معرق یا دارای طرح است، یا ترکیب بزرگی از اجزای اندام اشخاص و یا نوعی صورت افسانه‌ای، یا زینتی

---

۱. Smalto برابر ایتالیایی آن است که به‌معنای زیر به‌کار می‌رود: ۱ـ لعاب ۲ـ شیشه‌آبی کبالتی، ۳ـ قطعات مکعبی شکل از شیشه‌های آبی کبالتی که در سرامیک به‌کار می‌روند.



شکل ۲۷۷.فرش با کاشی لعابی در کلیسای فونتنه.

است. معرق معروف موزهٔ ناپل به احتمال نزدیک به‌یقین نبرد اربیل[۲] را نشان می‌دهد، گرچه ممکن است بازسازی شده یک نقاشی یونانی در معرق باشد. این معرق در پمپی یافت شد (سدهٔ نخست میلادی).

از ابتدای سدهٔ چهاردهم معرق زینت اصلی بناهای مذهبی شد. تنها به معرقهای عالی راونا، ونیز، بیزانس و سیسیل اشاره می‌کنیم که تکنیک آنها بدون تغییر مانده است و بررسی آن در حیطهٔ تاریخ هنر است. معرقکاری ویژهٔ هنرمندان ایتالیاست، اما از همان دوران کارونژیان در فرانسه ساخته می‌شد. در سدهٔ دوازدهم مرمر سرخ را به‌جای سفال در معرق به‌کار بردند و سیمان پوتنسوئولان که اجزای معرق را بخوبی به یکدیگر می‌چسباند به‌کار رفت. معرق از آن پس جای خود را به ترصیع با سنگ و سفال داد و در جریان سدهٔ پانزدهم این روشهای پرهزینه، جای خود را به فرش کردن با سنگ مرمرهای ساده و آجر واگذاردند.

از سوی دیگر موضوعاتی از قبیل شمایل اشخاص، صحنه‌هایی از انجیل یا از ملحدین شدیداً مورد انتقاد قرار گرفتند. برنارد قدیس نسبت به صحنه‌های معرق نشان‌دهندهٔ صحنه‌های تاریخ ابراز تنفر می‌کرد و از دیدن مؤمنانی که بر روی فرشتگان و قدیسان راه می‌روند، برمی‌آشفت.

این گرایشها پایه‌ای برای خلق کاشی لعابدار در سدهٔ سیزدهم شد. این کاشیها را در سدهٔ سیزدهم آجرهای سربی می‌نامیدند، زیرا لعاب شفاف آن را با ذوب یک نمک سرب تهیه می‌کردند، کاشی از اواسط سدهٔ سیزدهم در سراسر بورگونی رواج یافت و در اثر سستی در حکم سیسترسیانها کاربرد این قطعات در هزارها ترکیب زینتی در فونتنه امکانپذیر شد (شکل ۲۷۷).اندازهٔ کاشی متغیر و از ۸ تا ۱۵ سانتیمتر بود. بعضی از کاشیها دارای طرحهای حکاکی شده‌ای در گل شکلپذیر بودند و

۲. bataille d'Arbéles جنگی که در نزدیکی اربیل (در شمال شرقی عراق) در سال ۳۳۱ پیش از میلاد بین اسکندر و داریوش سوم درگرفت و به شکست داریوش انجامید.

با لعاب‌سیاه، زرد یا قهوه‌ای پوشیده می‌شدند. انواع دیگر طبق تکنیکی که ویژهٔ بورگونی نبود و در شامپانی و اوایل دوفرانس هم به‌کار می‌رفت، ساخته می‌شدند: طرح را نخست در خمیر نرم مهر می‌زدند، سپس آن را با لعابهای رنگی خردشونده‌ای پر می‌کردند و متن به‌اصطلاح سیاه و سفیدی به‌دست می‌آمد. لعاب طرح معمولاً کمتر از خود گل پایدار بود و در زیر گامهای رهگذران ساییده و فرسوده می‌شد. معماران غیر نظامی از همین روش در کار خود بهره می‌گرفتند. از سدهٔ سیزدهم تا هفدهم فرشهای ترصیع شده، در ساختمانهای کشوری زیاد دیده می‌شد.

در خانه‌های چند طبقه، کف طبقات معمولاً از تخته بود. احتمال زیاد می‌رود که تا پیش از دوران رنسانس، کفهای چوبی طبقات، جنبهٔ زینتی نداشته است و در خانه‌های بسیار معمولی برای ساختن کف اطاقها، تخته‌های ساده را پهلوی یکدیگر نصب می‌کردند. اما در منازل ثروتمندان یا در کاخها کف طبقات با همان ترتیبات حیاط خانه و همکف پوشیده می‌شدند، فضای میان تیرهای سقف با مصالح ساختمانی پر می‌شد. و لایهٔ نازکی از ساروج روی آن کشیده می‌شد تا بتوان آن را با سنگها یا کاشی فرش کرد.

طی سده‌های چهاردهم تا شانزدهم به کاشی‌سازان معروف در اروپا، کاشیهای نقشدار سفارش می‌دادند و فئودالهای بزرگ از کارگاههای کاشی‌سازی جنب دژهای خود برای خرید کاشی استفاده می‌کردند. این کارگاهها تا امروز با همان روش سنتی تولید می‌کنند.

تولید لعاب آبی (Smalto) و کاشی، شبیه تولید شیشه (ذوب در بوته) و تولید سفال (پخت در کوره) می‌باشد. لعابهای آبی که در ایتالیا تولید شده‌اند، دارای آنالیز زیر می‌باشند:

شن (سیلیس)	۱۳۰۰
سرنج (Pb_3O_4)	۶۰۰
پتاسیم‌نیترات	۶۰
فلوئورید آهک	۳۰۰
سدیم کربنات	۴۰۰

با افزودن اکسیدهای فلزی، خمیر مزبور را رنگ می‌کردند. این اکسیدها عبارتند از: منگنز برای رنگ بنفش، کبالت برای رنگ آبی، اورانیم برای رنگ زرد، مس برای رنگهای سبز و قرمز، کروم برای رنگ سبز، ایریدیم برای رنگ سیاه. لعاب کبالتی برای زمینه‌های طلایی‌رنگ، با چسبانیدن ورقهٔ نازکی از طلا بر روی شیشه و پوشانیدن آن با لعاب آبی کبالتی ساخته می‌شد.

شمشهای لعاب آبی کبالتی را با کارد به چندین قسمت ریز می‌کردند. برای جاگذاری آن

همیشه از یک روش استفاده شده است. معرق‌ساز پس از آماده‌سازی سطح محکم زیر معرق، این سطح را با سیمان (گاهی هم با گچ، اگر معرق دیواری باشد) اندود می‌کند و اندود را با مکعبهای این لعاب مرصع می‌سازد.

در جهان باستان، سیمان از دو بخش از ملاط شکسته و یک بخش آهک تراورتن تشکیل می‌شد؛ یا اینکه دوبخش پوتتسوئولان و دوبخش آهک کشته کهنه را با یکدیگر مخلوط می‌کردند. مخلوط جدیدتر این سیمان عبارت است از:

	لایهٔ اول	لایهٔ دوم
پوتتسوئولان	۱۰/۵	۸/۵
خرده‌آجر	۴/۵	۳
آهک کشته	۸/۵	۱۰/۵
آب	۱/۵	۳

در لایهٔ اول مقدار ۳/۵ پوتتسوئولان و آهک به‌شکل حبه‌های با ضخامت دو یا سه‌میلیمتر گذاشته می‌شود و بقیهٔ این مواد بصورت گرد به‌کار می‌روند. در لایهٔ دوم ضخامت لایهٔ حبه‌ای به یک میلیمتر تقلیل می‌یابد. وقتی‌که لایهٔ اول می‌بایست ناهمواریهای زیر کار را هم‌پر و جبران کند (سن‌ژان لاتران، سدهٔ سیزدهم)، ضخامت آن به شش سانتیمتر هم ممکن است برسد، اما اگر زیر کار صاف باشد، ۱۲ میلیمتر برای لایهٔ اول و ۸ میلیمتر برای لایهٔ دوم کافی است . در مواقعی یک لایهٔ تنها کفایت می‌کند.

برای فرش کردن نیز از همین سیمان استفاده می‌شد.

برای ساختن معرقهای زینتی روی طاقها و دیوارها در سدهٔ شانزدهم از تکنیک دیگری استفاده می‌شد. آقای موتسیانوبرشا (۱۵۲۸ـ۱۵۹۲) مخترع روشی از معرق‌گذاری به‌اصطلاح «روغنی» است. او در تعدادی از کارهای خود در سن پیر روم ازاین‌روش استفاده کرده است. در این روش مکعبها با ملاطی در جای خود تثبیت می‌شوند که مواد متشکلهٔ آن ملاط عبارت است از:

گرد تراورتن	۶۰ بخش
آهک سفید (تراورتن)	۲۵ بخش
روغن برزک خام	۱۰ بخش
رسوب روغن برزک جوشیده	۶ بخش

برتری این ملاط، نگاهداری نرمی آن به‌مدت دو، سه یا چهار روز در تابستان و یک‌هفته در زمستان بود، این خاصیت، کار را بسیار ساده و تصحیح آن را ممکن می‌ساخت. سیمان آهکی تنها به مدت چند ساعت نرم می‌ماند.

نقاشی ساختمان: بررسی و تدوین تاریخ نقاشی ساختمان در قلمرو تاریخ هنر است. با این‌همه اجرای نقاشی برای تزیین ساختمانها شامل روشهایی بود که تاریخ صنعت هم باید کمی به آن بپردازد.

از دوران روم باستان دیوارهایی برجای مانده است که حامل نقاشیهای عالی هستند (در پمپی، پالاتین روم)[۱]، در یادمانهای مصر نیز نقاشیهای بسیار کهنتری وجود دارند. برای اینکه طرز اجرای این نقاشیها را بدانیم، می‌بایست بر روشهای گوناگون نقاشی ساختمان در جهان باستان نظری بیفکنیم.

برای نقاشی دیوار همیشه دیوار را آستر می‌زدند. طبق گفته‌های پلینی: دیوار باید سه آستر از آهک و پوتتسوئولان و دو آستر آهک و گچ مرمری ببیند. ویتروویوس گفتهٔ دیگری دارد. او معتقد است که باید نخست یک دوغاب اولیه، سپس سه آستر آهک و پوتتسوئولان و در پایان سه‌آستر از سیمان مرمردار بر روی دیوار داده شود. آسترهای پیاپی باید در حالی که آستر پیشین هنوز رطوبت دارد، داده شود تا بخوبی به آن اتصال یابد.

طبیعی است که این دستورها مطلق نیستند و ما آسترهایی از مواد دیگر و تعدادی متفاوت با آنچه گفته شده است، در زیر نقاشیهای دیوارها دیده‌ایم. ضخامت کلی آسترهای انجام شده بستگی به‌وضع دیواری دارد که باید رنگ شود و از ۲ و ۵ تا ۷ یا ۸ میلیمتر تغییر می‌کند.

برای اینکه از اتصال آستر به دیوار اطمینان یابند، گاهی از میخهای آهنی یا میلهای سیمانی استفاده می‌کردند.

روشهایی که گذشتگان به‌کار می‌بردند، سه نوع بودند: رنگ لعابی، رنگ فرسکو، رنگ مومی.

رنگ لعابی که از مصریان اقتباس شده بود، مخلوط کردن رنگ با ماده‌ای بود که می‌توانست آن را بر دیوار بچسباند مانند: تخم‌مرغ (سفیده و زرده، یا زردهٔ تنها)، انگم درخت انجیر، شیر، سقز و غیره. رنگ‌کاری بر روی گچ و یامخلوط گچ و چسب انجام می‌گرفت.

رنگ فرسکو (از واژهٔ al fresco ایتالیایی به‌معنای تازه) بر روی آستر مرطوبی (تازه‌ای) انجام می‌گیرد که آهک آن با مادهٔ معدنی رنگ ترکیب می‌شود و بر روی دیوار ثابت می‌ماند. اما آهک مواد آلی حیوانی یا گیاهی را تجزیه می‌کند؛ بنابراین تعداد محدودی از مواد معدنی برای این نوع رنگ مناسب می‌باشند، آزادی رنگ‌کار هم در ابراز هنر محدود است. آهک در تماس با گاز

۱. Palatin یکی از هفت تپه‌ای که روم قدیم بر آنها ساخته شده بود.

کربنیک هوا، تشکیل لایهٔ شفافی می‌دهد که حتی دربرابر شرایط بد آب‌وهوا و نیز شست‌وشو پایدار می‌ماند. این نوع رنگ که در سواحل دریای اژه معمول بود و در ایتالیا هم از آن استقبال شد، تحسین پلینی را موجب شده است.

رنگ مومی دارای درخشش است. این نوع رنگ زدن نخست در مصر اجرا شد. در آنجا گرمای شدید هوا کاربرد موم آب شده را در اطراف مادهٔ رنگی آسان می‌ساخت، این رنگ روی آستری از موم سفید مخلوط با آهک زده می‌شد. رنگ را می‌توان با آهک داغ یا با افزودن ماده رنگی حک و اصلاح کرد. این روش کاربرد هر نوع رنگ، چه معدنی و چه گیاهی را ممکن می‌سازد. این نوع رنگ دربرابر نور خورشید و گرما پایدار است.

اما اجرای این نوع رنگ بسیار آهسته و پرهزینه تمام می‌شود. فرسکو بر روی آستر، چنانچه بر روی سطح گسترده‌ای انجام گیرد، آسانتر و ارزانتر است، ولی روش رنگ مومی تنها برای سطوح کوچک به‌کار رفته است.

این روشها در دوران گل-روم رواج یافتند. گرگوار دو تور زمانی‌که از نقاشی سن‌مارتن صحبت می‌کند، گرچه با مقداری غلو، از رنگهای فراوان و شاد آن با شگفتی یاد می‌کند: قانونی از شارلمانی کار رنگ زدن و تذهیب را، مخصوص جایگاه همسرایان کلیسا دانسته است و شبستان باید بدون زینت و ساده باشد.

پس از دوران پرآشوب سدهٔ دهم، کلیسا باز آذین‌بندی شد (سال ۹۹۹ در شالون سورمارن). طی سدهٔ یازدهم روشهای کهنه نوسازی شدند و در سدهٔ دوازدهم ما شاهد گسترش فراوان رنگ‌کاری هستیم.

در ساختمان معروف به شاپل د-موان (نمازخانهٔ راهبان) نزدیک کلونی با نمونهٔ عالی این ادعا روبه‌رو می‌شویم. رنگهای آنکه بخوبی حفظ شده‌اند، با دقت بررسی و روشهای اصیل اجرای آنها معلوم شده‌اند (۱۱۰۵ تا ۱۱۰۸). حدود سال ۱۹۰۳ فرنان مرسیه[1]، تحقیق مستوفی در این‌باره انجام داد و نقاط اساسی کار را برشمرده است:

اول) زیرسازی تصویر را با پنج آستر بخوبی آماده می‌کردند:

۱. با شیرآهک دارای کمی اخرا سنگهای دیوار را می‌شستند؛
۲. با ملاط زبر آستری بر روی سنگها می‌دادند؛
۳. شیر آهک؛
۴. دوغابی که کمی آبی فام است؛

1. F. Mercier

۵. ملاط بسیار نرم ۴ تا ۵ میلیمتری، که محتوی یک ماده روغنی است.

دوم) طرح را با اخرای قرمز بوسیلهٔ قلم‌مو رسم می‌کردند.

سوم) در نقاشی تنها هشت رنگ به‌کار رفته است: آبی، زرد اخرایی، اخرای قرمز، شنگرفی، مسی، آلبالویی، دوده‌ای، قهوه‌ای (مخلوط سفید و سیاه).

رنگ بنفش در این مجموعه نیست و برای ایجاد آن لایه‌ای از رنگ آبی بر متن شنگرفی می‌کشند.

برای جلاهای بینابینی، مخلوطی از رنگها را با چسب، به‌شکل رنگ لعابی، کار گذارده‌اند. از سوی دیگر، حضور مادهٔ چرب در آماده‌سازی دیوار نشان می‌دهد که رنگ باید به صورت خشک گذارده شود. سپس نوبت به جلای رنگ می‌رسد، برای این کار رنگ را با موم مخلوط کرده‌اند، کاری که مربوط به‌روش رنگ مومی است.

این روش که شباهت بسیاری به‌روش رنگ مومی دارد، از چند روش ایتالیایی اقتباس شده‌است که سن اوگ اسقف کلونی توانست در سال ۱۰۸۳ در مونته کاسینو[1] آنها را ببیند. و نیز از زمرهٔ کارهای ایتالیایی آن عصر است که خصلت بیزانسی دارد.

تابلوهای عالی کلیسای بزرگ کلونی (کلونی سوم، که اعتراضات پرخروش برنارد قدیس را برانگیخت، و نیز تابلوهای سن دنی (۱۱۳۷_۱۱۴۴) با همین روش ساخته شده است. تابلوهای کلیسای سن‌ـساون[2] و تابلوهای نمازخانه کلیسای لو لیژه[3] (که حالا تقریباً بکلی از میان رفته‌است) نیز مربوط به پایان سدهٔ دوازدهم است.

نقاشان اولیه جوانی چ‌چیمابووه[4]، جوتو دی‌بوندونه[5]، پائولواوتچلو، ماسولینو دا پانیکاله[6] و مازاتچو[7] و بعد، بجز ا.کاستانیو[8] از روش فرسکو استفاده کرده‌اند. رنگ لعابی در سدهٔ چهاردهم در شمال فرانسه و فلاندر جای خود را به‌رنگ روغنی داد، اما رنگ فرسکو را نقاشان بزرگی مثلاً رافائل در واتیکان اشتانتسه[9] و نیز میکلانژ ادامه دادند. در فرانسه که رنگ فرسکو در سدهٔ شانزدهم بوسیلهٔ

1. Monte Cassino 2. Saint-Savin

۳. Liget Le کلیسایی از سدهٔ دوازدهم در ایالت تورن فرانسه.

۴. Giovanni Cimabue ۱۲۴۰_۱۳۰۲ نقاش فلورانسی و سرامیک‌ساز، که باروگردانیدن از سبک بیزانسی سبک فلورانسی را زنده ساخت.

۵. Gioto diBondone ۱۲۶۶_۱۳۳۷ نقاش و معمار فلورانسی.

۶. Masolino da Panicale ۱۳۸۳_۱۴۴۷ نقاش فلورانسی.

۷. Masaccio ۱۴۰۱_۱۴۲۸ که پدر هنر نوین نامیده می‌شد، نقاش ایتالیایی مکتب فلورانس.

۸. Andrea del Castagno ۱۴۲۳_۱۴۵۷ نقاش فلورانسی.

9. Vatican Stanze

فرانچسکو پریماتیتچو[1] و روسو[2] (جوانی باتیستا دوروسی) شناخته شد، بعدها دیوارهای کاخهای فونتن بلو، لوور، ورسای و مارلی را پوشانید.

۱. Fr. Primaticcio ۱۵۰۴ـ۱۵۰۷ نقاش و معمار ایتالیایی
۲. G. Battista de Rossi ۱۴۹۴ـ۱۵۴۰ نقاش فلورانسی.

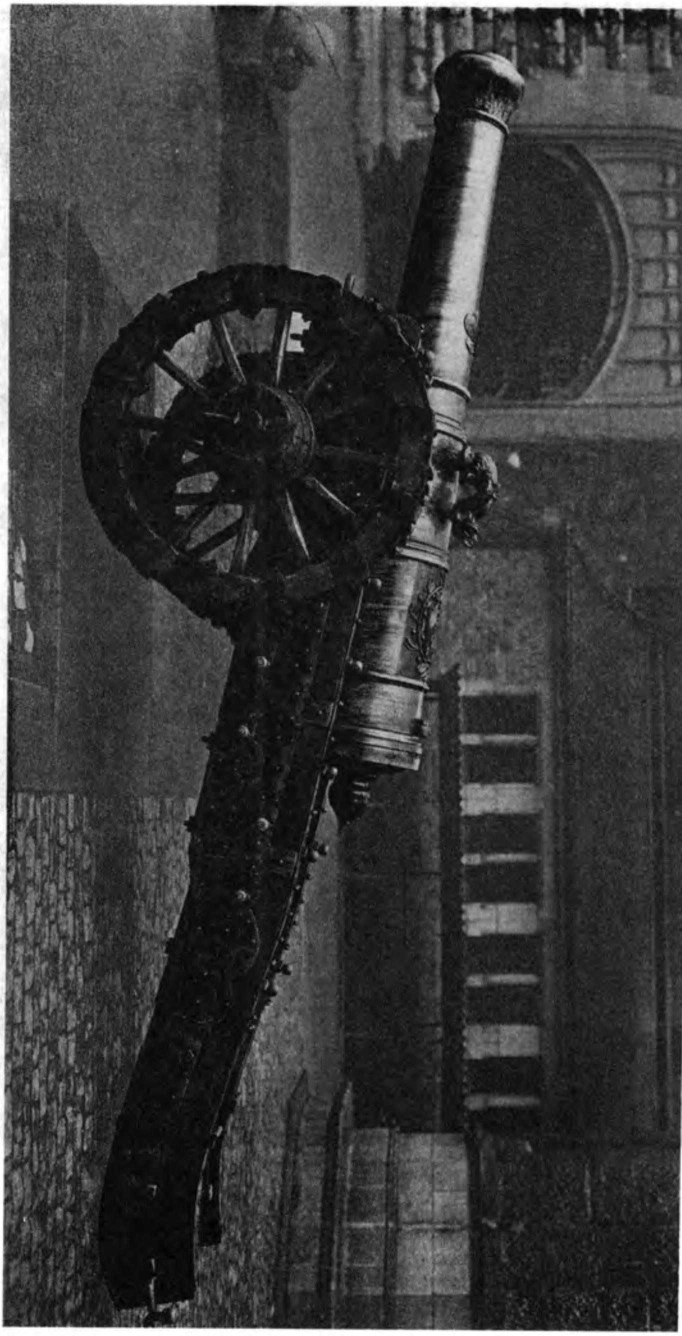
کتاب‌شناسی

۱ـ معماری

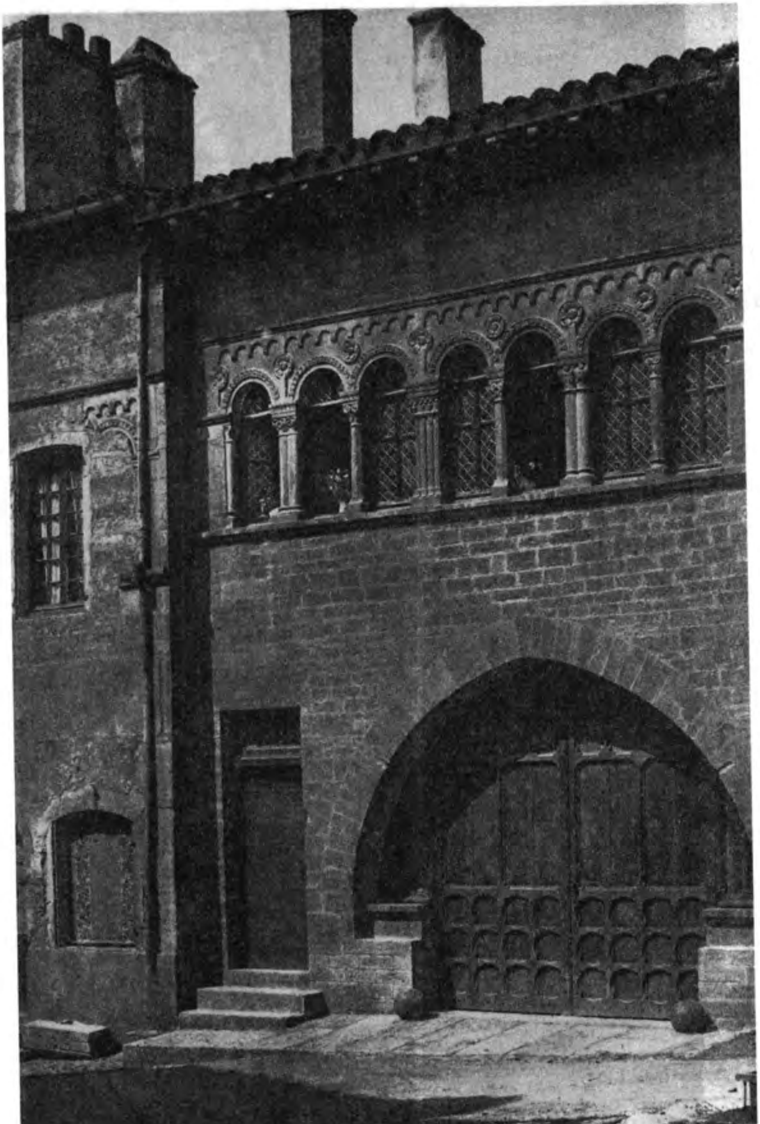
BEGULE (Lucien), *L'abbaye de Fontenay*, Paris, 1957.
BENOIT (F.), *L'architecture. Orient*, Paris, 1912.
BELIDOR, *Science des ingénieurs*, Paris, 1729.
BLONDEL (F.), *Cours d'architecture*, Paris, 1675.
CHAMPLY (L.-H.), *Histoire de l'abbaye de Cluny*, Paris, 1930.
CHARTRAIRE (Eug.), *La cathédrale de Sens*, Paris, 1943.
CHOISY (Aug.), *Histoire de l'architecture*, Paris, 1899.
CORROYER (Éd.), *L'architecture romane*, Paris, 1888.
— *L'architecture gothique*, Paris, 1888.
CUCHERAT (abbé F.), *Cluny au XI^e siècle*, Ac. de Mâcon, 1851.
DIEHL (Ch.), *Venise*, Paris, 1915.
ENLART (Cam.), *Manuel d'architecture française*, I. *Architecture religieuse*, 1^re partie, 1919; 2^e partie, 1920 ; II. *Architecture civile*, 1929.
GAYET (A.), *L'art arabe*, Paris, 1921.
GEBHART (Em.), *Florence*, Paris, 1906.
— *Moines et papes*, Paris, 1913.
GIMPEL (J.), *Les bâtisseurs de cathédrales*, Paris, 1958.
JALABERT (D.), *Notre-Dame de Paris*, Paris, 1948.
MAGNIEN (Em.), *Cluny*, Mâcon, 1958.
SCHMITT, *Cordoue et Grenade*, Paris, 1902.
VIREY (J.), *L'abbaye de Cluny*, Paris, 1950.
— *Paray-le-Monial*, Paris, 1926.

۲ـ فرش معابر، موزاییک، نقاشی.

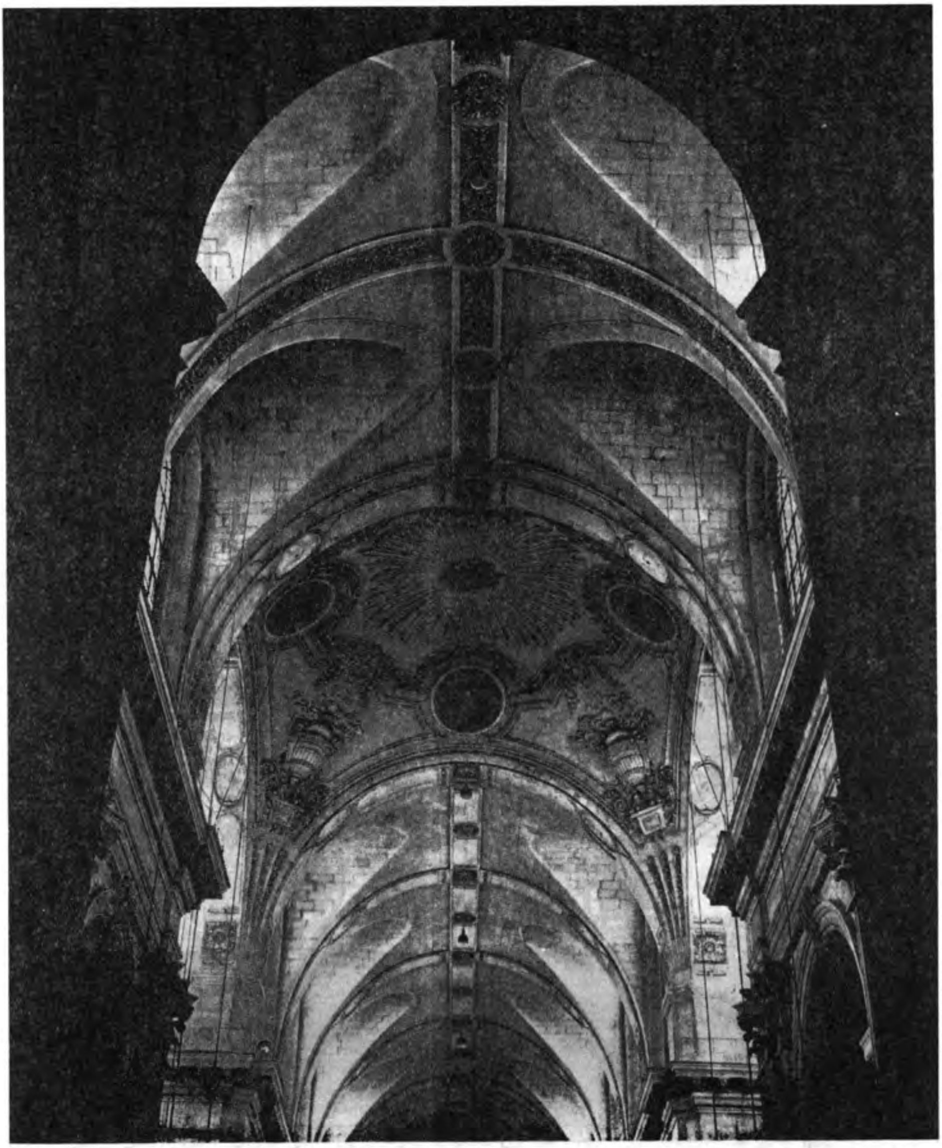
BEGULE (L.), *L'abbaye de Fontenay*, Paris, 1920.
CAGNAT & CHAPOT, *Manuel d'archéologie romaine*, tome second, Paris, 1920.
ENLART (C.), *Manuel d'archéologie française : Architecture religieuse*, 2e partie, Paris, 1920 ; *Architecture civile*, tome premier, Paris, 1929.
GERSPACH, *La mosaïque*, Paris, s. d.
MANTZ (P.), *La peinture française*, Paris, 1897.
MAGNIEN (E.), *Les peintures murales clunisiennes de Berzé-la-Ville*, Congrès intern. d'études romanes, II et III, 1958, Mâcon, 1958.
MERCIER (F.), *Congrès archéologique de France*, XCVIIIe session, Lyon, Mâcon, 1935.
MERSON (O.), *Les vitraux*, nouv. éd. Paris, 1895.



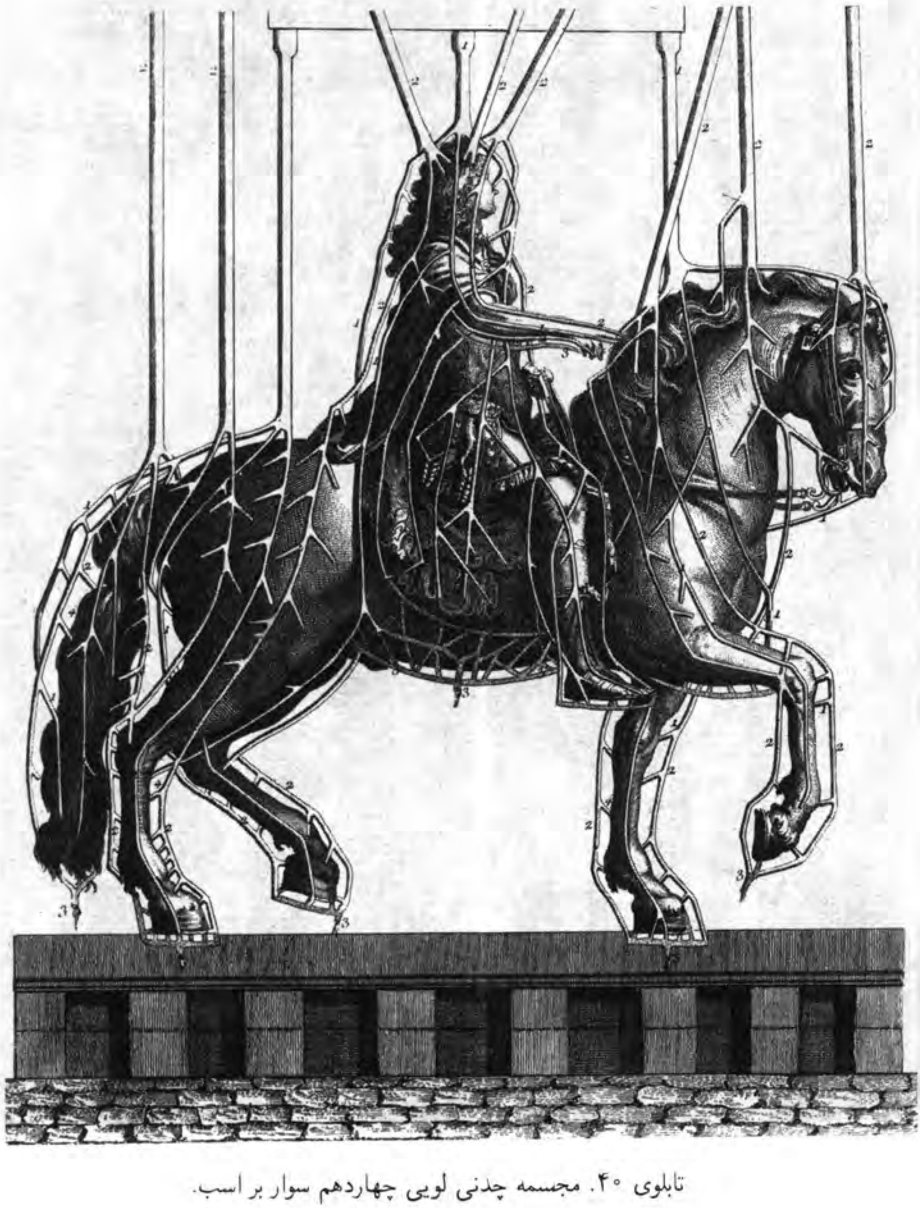
تابلوی ۳۷. توپ مفرغی.



تابلوی ۳۸. یک خانه به سبک رومی در کلونی.



تابلوی ۳۹. طاقهای کلیسای سن‌سولپیس.



تابلوی ۴۰. مجسمه چدنی لویی چهاردهم سوار بر اسب.

کتاب هفتم

تکنیکهای بیان

۲۳

تکنیکهای پیشه‌های هنری

سرگذشت هنرهای تزیینی غالباً با تاریخ صنعت درهم می‌آمیزد، زیرا نوآوریهای صنعتکاران هربار انگیزهٔ تحولی در سبک هستند، تحولی که ممکن است فرجامی خوش یا بد داشته باشد. یک تاریخ خوب صنعت باید با بررسی بسزایی از تاریخ هنرهای گوناگون کامل شود. در این تاریخ در حقیقت مختصری بدین رشته‌ها پرداخته شده است. هرکس که به نگارش تاریخ هنر می‌پردازد، در کتاب خود فصلی را به روشهای کار هنرمندان تخصیص می‌دهد و به خوانندگان خود القا می‌کند که تحول سبکی موردنظر نویسنده، تنها تحول شایستهٔ بررسی است.

در اینجا برآن نیستیم که در این‌مورد به نگارش تاریخ صنعت و انواع روشهای آن بپردازیم. اما درک مطالب مربوط به آنها نیاز به مقداری آشناییهای اولیه دارد که ما به خاطر نشان کردن آنها اکتفا می‌کنیم و تنها اصولی کلی ساخت آنها را با ایجاز، بیان می‌داریم.

باید گفت که در این جلد کتاب که اصولاً وقف سدهٔ هفدهم است، از محدودهٔ تاریخی فراتر رفته‌ایم، اما برای ارائه کلی این هنرها ناگزیر از داشتن برنامه هستیم و منطقیترین برنامه این است

که به نوبت از هنرهای آتشی، به هنرهای چوبی، هنرهای فلزی و هنرهای بافتی به اختصار یاد کنیم. هنرهای مربوط به تولید کتاب که مستلزم بحث مفصّلی است در اینجا تعمداً کنار گذاشته شده است.

هنرهای خاکی یا آتشی

خود اصطلاح «هنرهای آتشی» مورد گفت‌وگو است. گاهی بهتر می‌دانند که اصطلاح «هنرهای خاکی» را به‌جای آن به‌کار برند، که بیشتر با مادهٔ اولیه‌ای که باید تبدیل شود سروکار دارد تا با روش تبدیل. وانگهی آتش در تکنیکهای گوناگونی مورداستفاده قرار می‌گیرد که نمی‌توان آنها را هنرهای آتشی، به‌معنای دقیق کلمه، گفت. به هر حال با هر عنوانی که گفته شود این هنر شامل: شیشه‌گری، ویترای، معرقکاری، لعابکاری، و چینی‌سازی است که ما هر یک را به نوبت بررسی خواهیم کرد.

شیشه‌گری

هنر شیشه‌گری بسیار ساده و درضمن کهنترین رشتهٔ هنر آتشی است، مصریان همیشه با آن سروکار داشته‌اند. برای ساختن شیشه، صنعتگر تنها از یک مادهٔ اولیه استفاده می‌کند: شن (سیلیس)، که در دمای بالایی ذوب و تبدیل به شیشه می‌شود. سیلیس عملاً هرگز بصورت خالص به‌کار نمی‌رود. در سدهٔ دوازدهم تئوفیلوس پرسبیتر فرمولی برای تهیهٔ شیشه پیشنهاد کرد که شامل یک بخش سیلیس به دو بخش خاکستر چوب درخت آتش بود. شیمیدانها این اطلاعات تجربی را چنین توجیه کردند که برای پایین آوردن دمای ذوب سیلیس، به شن مقداری «ماده گدازآور می‌افزایند، که یک اکسید بازی است که دمای ذوب را پایین می‌آورد. مواد گدازآور اصلی عبارتند از: سود (کربنات، سولفات، نیترات)، پتاس، کلسیم (گچ، آهک) . . . » (بارله[1] صفحهٔ ۵).

دمش: سیلیس مذاب، که ترکیب سیلیسیم با اکسیژن است ماده‌ای نرم و شکلپذیر است، خصیصه‌ای که فازهای گوناگون تولید را توجیه می‌کند.

سیلیس که در بوته‌ای گلین در کوره ذوب می‌شود از کوره بیرون آورده و روی صفحه‌ای از مرمر گذاشته می‌شود. این مادهٔ ذوب‌شده را در این حالت، چونه می‌نامند. چونه را بوسیلهٔ انبری آهنی به‌طول ۱٫۸ تا ۲ متر برمی‌دارند. یک سر انبر چوبی و سر دیگر، فک آن از آهن و نوک‌تیز است. شاگرد، چونهٔ شیشه را که روی میز کمی سرد شده است، برمی‌دارد و آن‌را به شیشه‌گر، که روی نیمکتی نشسته و کار می‌کند، می‌دهد. این نیمکت از دوپهلو دارای دسته‌هایی است که شیشه‌گر

1. Barrelet

نیچه خود را می‌تواند روی آنها قرار دهد. شیشه‌گر در نیچه می‌دمد تا به تودهٔ شیشه نیمه مذاب، شکل دلخواه را بدهد. با چرخاندن تودهٔ شیشه گرم آنها را به‌شکل کروی یا بیضوی، ... درمی‌آورد. دمیدن در قالبهای چوبی یا فلزی سبب می‌شود که هرگاه تعداد زیادی از یک شکل شیشه‌ای مورد نیاز باشد، کار به‌سادگی و دقت انجام گیرد. با کارد یا یک تسمهٔ آهنی، ریشه‌ها و پیلیسهای قطعهٔ شیشه‌ای را حذف می‌کنند. چنانچه چونهٔ شیشه زیادتر از اندازه سرد و شکلپذیری خود را ازدست داده باشد، شیشه‌گر می‌تواند آن را دوباره گرم سازد. از زمان اختراع نیچه که گویا مخترع آن مصریان بوده‌اند، مراحل گوناگون تولید قطعات شیشه‌ای چنین انجام می‌گرفت. برای توضیح بیشتر به «تولید شیشه‌های جام» و نیز به‌شکل ۱۳ مربوط به استخراج فراورده‌های شیمیایی رجوع کنید.

از ویژگیهای مهم شیشه می‌توان: شفافیت و ناتراوایی آن را نام برد. زینت‌بخشی اشیاء شیشه‌ای فوق‌العاده متنوع است، این کار زمانی در گرما و گاهی هم در حالت سرد انجام می‌گیرد.

تزیین شیشه: زینت‌بخشی در سرما بوسیلهٔ سنگ سنباده، چرغهای شیشه‌تراشی و الماسهای شیشه‌بری، ... انجام می‌گرفت. رومیها به این‌کار کاملاً احاطه داشتند. سنگ سنباده و چرخ شیشه‌تراش را می‌توان با دستگاه تراش فعال ساخت. تا سدهٔ نوزدهم حکاکی شیشه با اسید فلوئوریدریک رسم نبود، در این روش بخشهایی که باید از تأثیر اسید به دور باشند، با نوعی لعاب پوشانیده می‌شدند.

زینت‌بخشی در گرما تنوع بیشتری داشت: عامل شکل، عنصر اصلی در انتخاب روش بود. شیشه‌های گداخته را می‌توان به یکدیگر چسبانید و در این حالت است که تعداد عناصر نظیر: دوره، مارپیچ و دسته را می‌توان به‌آسانی بدانها متصل ساخت. در دورهٔ مروونژیانها به کمک ماتریسهایی احتمالاً سفالی، زینت‌آلات کوچکی را در حالت گرم به آوند شیشه‌ای سخت شده می‌افزودند. قطرات لعاب (رنگی یا بیرنگ) نیز برروی شیشه‌های شکلدار افزوده می‌شوند.

خودرنگی هم در زینت‌دهی به شیشه عنصر مهمی به‌شمار می‌آمد. نخست جرم شیشه را با اکسیدهای فلزی رنگین می‌ساختند. بعضی رنگها گرچه مطلوب نبودند، اما به‌علت وجود اکسیدهای آنها در مواد اولیه ـ سیلیس ـ پدید می‌آمدند. مصریها با روش رنگین ساختن شیشه آشنا بودند. چنانچه خمیر شیشه رنگی نبود، آوند ساخته شده را تا اندازه‌ای میناکاری می‌کردند، به‌طوری‌که در آوندهای شیشه‌ای سده‌های شانزدهم، هفدهم و هجدهم چنین زینتهایی دیده می‌شود و نیز آذینهایی ازقبیل شکل حروف، اشخاص و علایم مشخصه به آنها می‌افزودند. نوعی لعاب سفید که از اکسید قلع به‌دست می‌آمد، برای ایجاد ماتی کامل یا جزیی شیشه به‌کار برده می‌شد.

ملیله‌های مشهور سدهٔ شانزدهم شهر ونیز با این ماده تهیه می‌شد. در پیکاردی از همان مرووَنژیانها با روشی شبیه بالا آشنا بودند، زیرا شیشه‌های گداخته را با لعابی سفید می‌آغشتند (بارله).

طلاکاری روی شیشه از همان دوران روم باستان عملی می‌شد. در سدهٔ دوازدهم تئوفیل پروسبیتر کشیش به ما اطلاع می‌دهد که «یونانیها» با ثابت‌کردن ورقهای نازک طلا به کمک یک مادهٔ گدازآور برروی شیشه گرم، آن را تذهیب می‌کردند.

برای تهیهٔ شیشه‌های دو لایه‌ای روش زیر به‌کار می‌رفت: یک لایهٔ دوم شیشه را که با لایهٔ نخست از نظر رنگ متفاوت یا بی‌تفاوت بود، در حالت گرم روی لایهٔ نخست می‌چسبانیدند، زمانی‌که این شیشهٔ گرم را در آب سرد فرو می‌بردند، شیشه ریزریز می‌شد، ونیزیهای سدهٔ شانزدهم، این ریزه‌های شیشه‌های رنگی را با بهای گزاف دادوستد می‌کردند (بارله، صفحهٔ ۱۵۸). این نوع شیشهٔ«گلومی»[1] شده در سده‌های شانزدهم، هفدهم و هجدهم بسیار خواهان داشت و همچون یک پردهٔ نقاشی در زیر شیشه جلب توجه می‌کرد. گلومی کسی است که این هنر را در سدهٔ هجدهم ابداع کرد.

نرمی بسیار زیاد شیشه امکان می‌دهد که از آن پیکره‌های کوچکی از شخصیتها ساخته شود، این پیکره‌ها را با میله‌های آهنی محکم می‌کردند: در سدهٔ هفدهم شهر نه‌ور[2] در این پیکره‌های اشخاص یا حیوانات، که گاهی غیرعادی هم بودند، شهرت بسیار داشت.

شیشه‌های جام، بلورها و آینه‌ها: ترکیب شیمیایی شیشه‌های جام کمی با شیشه بطری متفاوت بود. به‌طورکلی سود یا پتاس به سیلیس افزوده می‌شد. بلورهای شیشه‌ای که باید بدقت از بلورهای معدنی بازشناخته شوند، بلورهای سربی بودند.

مادهٔ ذوب‌شده را با دمیدن به شکل استوانه درمی‌آوردند. استوانه را برروی سنگ مرمر قرار داده، از وسط و در جهت طولی چاک می‌دادند، آنگاه آن‌را روی سنگ مرمر صاف می‌کردند. راه دیگر این بود که شیشهٔ مذاب را با دمیدن به‌شکل کره درمی‌آوردند و با تاب‌دادن آن برروی صفحه‌ای افقی آن را صاف کردند. ضخامت شیشه در آن حال در وسط بسیار بیشتر از اطراف آن بود.

بیشتر آینه‌های قرون وسطی، فولادهای صیقلی شده بودند. با این‌همه بارله می‌گوید (صفحه ۴۲) که «آینه‌های فلزی با روکش شیشه‌ای در دوران امپراتوری روم، در گل و مصر به‌کار می‌رفتند. برای ساختن آنها کره‌های شیشه‌ای دمیده را به دو قسمت می‌کردند، بنابراین هرقسمت شیشهٔ محدبی بود. اکنون نیز برای ساختن بعضی عدسیهای عینک همین روش به‌کار می‌رود. در قسمت گود،

1. Glomi

۲. Nevers مرکز قدیم ولایت نیدرنه، در ساحل رودخانهٔ لوار، در ۲۳۲ کیلومتری جنوب شرقی پاریس

لایهٔ نازکی از سرب گداخته می‌ریختند. شیشه آنقدر نازک بود که در چنین عملیاتی خرد نمی‌شد. این آینه‌ها بسیار کوچک بودند، آنها را در نگینهایی می‌نشاندند. تصاویر بسیار روشنی می‌دادند.»

در سدهٔ پانزدهم ونیزیها به جای سرب، از قلع و جیوه استفاده کردند. این ملغمه تا سدهٔ نوزدهم برای ساختن آینه به‌کار می‌رفت. این آینه‌ها نخست «به‌شکل استوانه» دمیده می‌شدند. در پایان سدهٔ هفدهم، آقای پرو[1]، شیشه‌ساز اورلئانی روش تازه‌ای ابداع کرد. او به‌جای دمیدن در شیشهٔ مذاب، آن را ریخته‌گری نمود. شیشه‌هایی که بدین‌ترتیب روی مرمر ریخته می‌شدند، از شیشه‌های ساخته شده با روش پیشین بسیار بزرگتر بودند. کارگاه شیشه‌سازی «مانوفاکتور روایال‌د ـ گلاس» که در سال ۱۶۸۵ در سن‌گوبن تأسیس شد، در عمومیت بخشیدن بدین روش سهم بسیار زیادی داشته است.

ویترای

معمولاً ویترای را به‌عنوان «معرقی» از شیشه‌های شفاف تلقی می‌کنند، درواقع بهتر است بگوییم که ویترای از شیشه‌های شفاف رنگی یا نقاشی شده با رنگهای ویژه به‌دست می‌آمد و زهواری از سرب آن‌را درمیان می‌گرفت یا قابی ازگچ یا سیمان آن را در جای خود نگاه می‌داشت.

شیشه‌هایی که با ویترای کار می‌شدند، معمولاً شیشه‌های جام بودند. در سدهٔ دوازدهم برای تولید شیشه جام از پتاسیم موجود در خاکستر سرخس استفاده می‌کردند، اما لااقل از ابتدای سدهٔ سیزدهم، سدیم موجود در نمک دریا به‌جای پتاسیم به‌کار گرفته شد.

برای رنگی شدن شیشه‌ها، اکسیدهای فلزی (اکسیدها، دیوکسیدها، پروتوکسیدها) را به شیشه مذاب می‌افزودند. در سدهٔ نوزدهم رنگ آبی از اکسید مس یا کبالت، رنگ قرمز از مس، سبز از منگنز و زرد از آهن . . . ایجاد می‌شدند. گذشت سده‌ها این رنگها را تغییر داد. مثلاً در سدهٔ پانزدهم برای آبی از اکسید منگنز و برای رنگ خاکستری از نیکل استفاده می‌شد. با تغییر مدت حرارت دهی شدت رنگها را تغییر می‌دادند. شیشه پس از اینکه رنگ می‌گرفت، مطابق روشهایی که در گذشته برای تهیه کره یا استوانه شیشه‌ای بیان شد، در چونهٔ آن می‌دمیدند.

شیشه را پس از اینکه سرد شد با آهن گرم، متناسب با ترکیبی که باید درست شود، می‌بریدند. این ترکیب را می‌شد روی پارشمن، برزنت یا فلز جورکرد. کشیش پروسبیتر توصیه می‌کند که ترکیب را روی میز چوبی آماده سازند و شیشه را قواره به قواره روی این میز با سرب و قلع طرحریزی کنند. همهٔ اطلاعات مربوط به‌طرح و رنگ روی این میز نوشته شده است و از بالای شیشهٔ شفاف

1. Perrot

می‌توان آنها را خواند.

اتصال شیشه‌ها با یکدیگر بوسیلهٔ میله‌هایی از سرب بود که از هرطرف، لبه‌های قطعات شیشه‌ای را در خود می‌گرفت. میله‌های سربی را بعداً با یکدیگر جوش می‌دادند. مجموعهٔ قطعات شیشه‌ای را بالاخره با تسمه‌های آهنی تقویت می‌کردند، این تسمه‌ها آنها را به قابهایی دارای اشکال هندسی تقسیم می‌کردند و استحکام آنها زیادتر می‌شد. تحول معماری و بزرگ‌کردن پنجره‌ها، دشواریهای روزافزونی برای شیشه‌سازان ایجاد می‌کرد. در تعدادی از شیشه‌گریهای مسلمانان، جام شیشه را با گچ در جای خود محکم داشته‌اند.

در روزگار ما تکنیک تازهٔ به‌اصطلاح شیشه‌خرده، مقداری بازی با نور و ایجاد رنگین‌کمان می‌کند. شیشه‌ها را با چکش ویژه‌ای خرد می‌کنند، برای سوار کردن شیشه‌ها با یکدیگر به‌جای سرب از سیمان استفاده می‌شود.

پس از اندک زمانی اصطلاحات چندی در تکنیک نخستین ایجاد شد. برای به‌تصویر کشیدن اعضای بدن انسان: صورت، دستها و چینهای لباس، شیشه‌گران این اندیشه را پیش کشیدند که شیشهٔ داغ را با اندودی که از مخلوط سوفالهٔ مس، پوسته‌های آهن چکشکاری، شیشه‌های کوبیده شده در هاون و چسب تهیه می‌شد، بوسیلهٔ فرچه بزرگی اندود کنند. شیشه‌های اندودشده را در کوره قرار می‌دادند، محصول به‌دست آمده، «گریزای» نامیده می‌شد که در شیشه‌سازیهای قرون وسطی با بهای گزافی دادوستد می‌شد.

در سدهٔ چهاردهم رنگ تازه‌ای با نام «زرد نقره‌ای» بوسیلهٔ فرچه روی شیشه‌ها کشیده می‌شد. اساس این رنگ کلرور نقره و گل اخرا بود. رنگهای زرد مواج و تند لباس شخصیتها بدین وسیله تولید می‌شد. رنگ گوشتی نیز که در اواخر سدهٔ پانزدهم شهرت یافت از مخلوط کردن حجرالدم (نوعی کانی اُلیژیست) با یک مادهٔ گدازآور به‌دست می‌آمد که مانند رنگهای دیگر با فرچه اجرا می‌شد.

توجه می‌دهیم که از شیشه‌های دولایه غالباً برای رنگهای قرمز استفاده می‌شد که نوع تند آن شیشه‌ها را بسیار تاریک می‌نمود. شیشه‌های سفید در آن زمان لایه نازکی از شیشه قرمز بر خود داشتند. شیشه‌های دولایه دارای ضخامتهای گوناگون بودند. در سده‌های پانزدهم و شانزدهم با تراش سطح بیرونی بوسیلهٔ چرخ و نشان دادن لایهٔ زیرین در محل تراش، بازی نور ایجاد می‌شد.

گریزای، زرد نقره‌ای یا حجرالدم را درحقیقت نمی‌توان نقاشی روی شیشه نامید، زیرا رنگ به درون شیشه نفوذ می‌کرد، گرچه شیشه هم رنگی نشده بود. «نقاشی روی شیشه» با اینکه بر همان

اصل قرار داشت عبارت بود از نقاشی شیشه به‌کمک رنگهایی مخلوط با گدازآورهای شیشه‌ای برروی شیشه پخته. این روش که در سدهٔ شانزدهم بناگذارده شد، نشان‌دهندهٔ انحطاط آشکار هنر ویترای بود.

معرق

معرقکاری را می‌توان به‌هم ملحق کردن اجسام یکسان یا غیر یکسان دانست. معرقهای سنگی، معرقهای مرمر و غیره وجود دارند. خاتمکاری نوعی معرقکاری چوبی است. معرقهای شیشه‌ای با به‌هم ملحق کردن شیشه‌های رنگی که به‌شکل مکعبهای کوچک و برابر بریده شده‌اند، ساخته می‌شوند. این مکعبهای کوچک با راهنمایی نقشه برروی دیوار چیده می‌شوند و یک یا چند زیر سازی با ملاط آنها را در جای خود محکم نگاه می‌دارد. این ردیفهای رنگی گاهی در زیر لایه‌ای از ملاط هم یافت شده‌اند. این مکعبهای کوچک را می‌توان در کارگاه ردیف کرد و مقوای چسبداری را برروی آنها قرار داد، آن‌گاه آنها را بر روی زیرسازی آماده شده مخصوص گذاشت و پس از اندک مدتی مقوای آن را با آب شست و از میان برد.

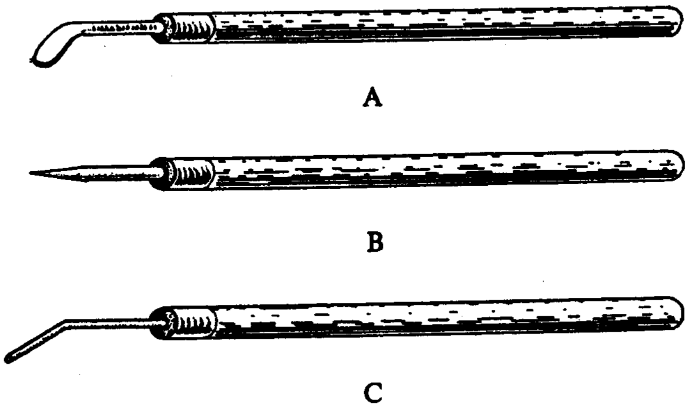
معرق زمینهٔ طلاکه تلألو زیاد دارد، به روش خاص تهیه می‌شد. آقای تئوفیل پروسبیتر کشیش روش «یونانی»، ساخت آن را چنین گزارش می‌کند: شیشهٔ جام «به ضخامت یک بند انگشت» را با آهن گرمی در مکعبهای کوچکی می‌برند. یکسوی این مکعبها را نخست با برگه‌ای از طلا و سپس با لایه‌ای از شیشهٔ بسیار درخشان می‌پوشانند. این قطعات را برروی یک میز آهنی که با آهک یا خاکستر پوشیده شده است، قرار داده و حرارت می‌دهند.» در نتیجه، برگه‌های طلا بین دو صفحهٔ شیشه‌ای تثبیت می‌شوند.

لعابکاری

فیلوستراتوس[۱] اظهار می‌دارد که: «می‌گویند بربرهای سواحل اقیانوس با پخش رنگ برروی مفرغ داغ آن را مانند سنگ سخت می‌کنند و نقشی که از آن رنگها حاصل می‌شود، حفظ می‌کنند.» این بربرها چه کسانی بودند؟ ما نمی‌دانیم. وانگهی تقریباً یقین داریم که مصریان و اتروسکیان از کار لعابکاری سردرمی‌آورند و در اوایل ظهور مسیحیت این کار بوسیلهٔ «بربرهای» مشرق‌زمین انجام می‌گرفته است. اما ببینیم لعابکاری واقعاً چگونه هنری است؟ بهترین تعریف آن را آقای امیل مولینیه در کتاب خود چنین آورده است: «لعابکاری هنری است که طبق آن برروی سطح فلز،

---

۱. Philostratus حدود ۱۷۰ـ۲۴۵، نویسنده و فیلسوف یونانی، کتابی در احوال فیثاغورس و نیز کتابی دربارهٔ سوفسطاییان نگاشته است. کتاب دیگر او گفتار دربارهٔ طبیعت و قانون است.



شکل ۲۷۸.انواع سوزنها و کاردکهای رایج در میناکاری (طبق نظر بارث) A، کاردک؛ B و C سوزنها.

یک مادهٔ گدازآور یا شیشه‌های رنگی که بوسیلهٔ اکسیدهای فلزی دارای رنگهای چندی شده‌اند، را در حالت گرم الحاق می‌کنند.» این لعابها یا شفاف ـ فلز زیر آنها دیده می‌شود ـ یا مات و کدر می‌باشند و این تفاوت به‌علت بودن یا نبودن اکسید قلع در ترکیب آنهاست.

این تعریف ساده برای تشخیص لعاب از مثلاً میناکاری کلوازونه، که گاهی با لعابکاری اشتباه می‌شود، کافی است. در مورد میناکاری کلوازونه، هنرمند با جسم سرد سروکار دارد و قطعاتی از شیشه‌های رنگی بریده‌شده را در قسمتهایی از فلز کار می‌گذارد.

تولید لعاب همچون تولید شیشه است. کوره‌ها باید طوری ساخته شوند که بتوان آنها را در دماهای گوناگون تنظیم کرد و طی هر پخت، دما ثابت بماند. ساختمان کوره‌ها همیشه خاطر لعاب‌سازان قدیم را بخود مشغول داشته بود. از دیر باز، لعابها به‌شکل کلوچه‌های رنگی تهیه می‌شدند، آنها را در هاونهایی خرد و ریز می‌ساختند، سپس آنها را شسته و خشک می‌کردند.

فلزاتی که بیشتر به‌عنوان پایه به‌کار گرفته می‌شدند عبارت بودند از: طلا، نقره، مس و آهن و حلبی که بسیار بندرت مورداستفاده قرار می‌گرفتند. این فلزات را نخست مانند طلا، چکشکاری می‌کردند. نقره می‌بایست خالی از ناخالصیهایی باشد که استحکام آن را سبب می‌شوند، اما آن‌را تیره می‌سازند. مس سرخ بهتر از برنج است که محتوی فلز روی می‌باشد.





شکل ۲۷۹.خانه‌هایی که برروی بشقابی ردیف شده‌اند تا میناکاری کلوازونه روی آنها اجرا شود (از بارث) A، الگوی حکاکی شده؛ B، وضع خانه‌ها.

میناکاری کلوازونه

میناکاری کلوازونه که میناکاران بیزانسی در آن پرآوازه بودند، نوعی میناکاری است که رنگهای آن در خانه‌هایی که روی ورقهٔ فلزی با مفتولهای کوچکی ایجاد شده‌اند از یکدیگر جدا می‌شوند. آماده سازی ورقهٔ پایه را می‌توان به سه طریقه انجام داد.

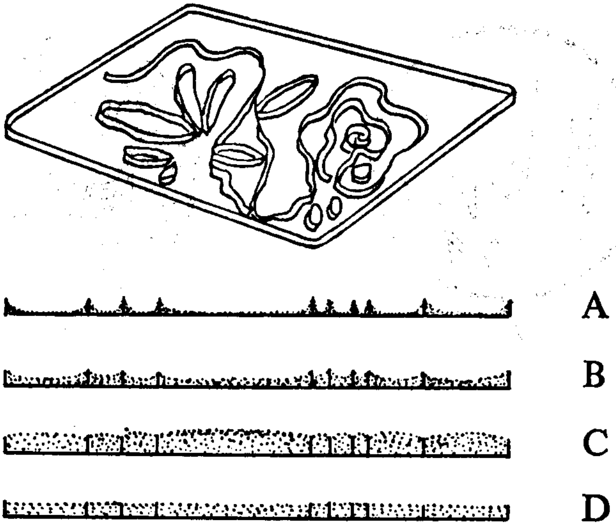
در طریقهٔ نخست، اگر می‌بایست همهٔ ورقه میناگذاری شود، میناگذار، لبه‌های ورقه را به بالا خم می‌کند و بشقابی بوجود می‌آورد، سپس مفتولهای نازک فلزی را روی آن با لحیمکاری یا با چسب، مثلاً عربی، روی فلز پایه طوری محکم می‌کند که خانه‌هایی تشکیل شود.

در طریقهٔ دوم، چنانچه بخشی از ورقه می‌بایست میناگذاری شود، آن بخش را در فلز پایه گود می‌کنند و خانه‌ها را مثل طریقهٔ نخست ردیف می‌کنند. این روش در بیزانس چنین عملی می‌شد که باسمه‌هایی از چوب یا فلز می‌ساختند و برروی آن طرحی را که باید تکرار می‌شد، حک می‌کردند. همهٔ قطعاتی که با این طریقه با یک باسمه ساخته شده‌اند، ناگزیر یک‌اندازه هستند.

سرانجام در طریقهٔ سوم برروی فلز پایه، ورق دیگری از فلز را جوش می‌دهند. ورق فلزی دوم را از پیش سوراخ کرده و طرح کلی را که باید تکثیر شود، برروی آن درمی‌آورند (شکل ۲۷۹).

پس از اینکه فلز پایه آماده و مفتولها چسبانیده شدند، میناگذار که شیشه‌های رنگی خرد شده در دسترس اوست، بدلخواه آنها را در خانه‌های معین می‌گذارد و مجمعه را در کوره می‌نهد (شکل ۲۸۰)، پس از پخت، آنها را بیرون می‌آورد و پرداخت می‌کند.

ورقهای فلزی حامل مینا معمولاً طلا و بندرت هم نقره می‌باشند. در این دو مورد، به‌علت



شکل ۲۸۰.خانه‌هایی که برروی یک بار لیف لعابدار ردیف شده‌اند. دید از بالا و از پهلو (از بارث) نیمرخهای C, B, A و D وضع لعابها را پس از پختهای متوالی نشان می‌دهند.

زیبایی این فلزها و درخشندگی آنها، میناها شفاف خواهند بود. میناهای کدر یا مات بر روی فلزاتی بجز طلا و نقره به‌کار می‌روند. میناهای کلوازونه معمولاً کوچک هستند.

میناهای به‌اصطلاح plique یا opplithe یا applique و . . . که در فهرست مواد مربوط به سده‌های چهاردهم و پانزدهم از آنها زیاد نام رفته است، ظاهراً همان‌طورکه آقای کارل اهلارت[1] نشان داده است، همان میناهای کلوازونه هستند که در سدهٔ سیزدهم ساخت آنها متروک گشت و در سدهٔ چهاردهم باز مد روز شدند. واژهٔ Plique ریشهٔ لاتینی آن Plicatura می‌باشد که به‌معنای «خم کردن» است که در این‌نوع میناکاریها اعمال می‌شود.

میناهای کلوازونه بی‌پایه: این نوع میناها بنابه گفتهٔ چلینی در نوعی جعبه پخته می‌شوند و در زیر مینا ماده‌ای عایق گرما، مثلاً خاک، می‌گذارند تا با ته جعبه تماس نداشته باشد. پس از پخت، مینا را از جعبه بیرون آورده خاک آن را بر طرف می‌سازند. این نوع مینای بدون پایه یا برهنه، شفاف نیز می‌باشد.

میناهای مشابه توریهای سربند (résille)، گرچه در آغاز این سده بسیار مد شده بودند، از همان نوع هستند: پایه میناهای کلوازونهٔ شفاف پس از پخت به‌طور مکانیکی پاک می‌شود. اصطلاح

1. C. Ehlart

سربند به‌معنای چشمه‌هایی است که میناها را همچون حلقه‌های تورسر نگاه می‌دارد. آقای مولینیه به خطا گمان می‌کند که این اصطلاح résille شامل انواع بسیار گوناگونی از میناها می‌شود که در گدازآور غرق شده‌اند. نقش معمولاً کوچکی از مینای کلوازونه برروی ورق طلا را، پس از اینکه تکمیل شد در مادهٔ گدازآور بیرنگی غرق می‌کردند، همان‌گونه که در زمان ما بعضی قطعات به‌دست آمده از کاوشگریها را برای اینکه از تأثیر هوا مصون باشند، در کیسهٔ پلاستیکی کوچکی نگاه می‌دارند.

میناهای شانلوه: این نوع میناکاری در قرون وسطی در همهٔ غرب رواج داشت. میناهای اولیهٔ لیموژ، میناهای موز، رنانی، انگلستان و . . . از نوع شانلوه هستند. در این روش بر روی فلز گودیهایی ایجاد می‌کنند و سپس آنها را با مینا پر می‌سازند، در کوره می‌پزند و در نهایت پرداخت می‌نمایند؛ بدین‌ترتیب تکنیک این کار با کلوازونه نزدیک است. فلزی که بیش‌از سایرین برای این نوع مینا به‌کار می‌برند، مس است، فلز کم‌بهایی که بدون‌اینکه آسیبی ببیند می‌توان آن را گودبرداری کرد. این نوع مینا، کدر است. میناهای شانلوه می‌توانند سطح بزرگی را دربرگیرند (صفحهٔ ژوفروا پلانتاژنه[1] که در لومن نگاهداری می‌شود، دارای ابعاد ۰٫۳۳ × ۰٫۶۳ متر است). سطوح گود یا برآمده را می‌توان بدین‌ترتیب میناکاری کرد، کاری که با روش کلوازونه عملی نیست.

میناهایی با هر دو روش کلوازونه و شانلوه ساخته شده‌اند. بیشترین بخش این میناها از نوع شانلوه است، گرچه ریزه‌کاریهایی از آن (چشمان چهره‌ها و حاشیهٔ صلیبهای کوچک و . . .) به روش کلوازونه تهیه شده است. نمونه‌های بسیاری از میناهای مخلوط در دست است، که بویژه می‌توان از میناهای ساخت شهرهای موز و لیموزن در سدهٔ دوازدهم نام برد.

انواع دیگر: میناهای بدتراش (نیم شفاف) که در سدهٔ چهاردهم ساخته می‌شدند، از نوع شانلوه بودند. در میناهای شانلوه معمولی، حفره‌ای که باید در آن مینا گذارده شود نیازی به مراقبت ندارد، زیرا با مینای کدر پوشیده می‌شود، چنانچه مینای گذارده شده، نیم‌شفاف باشد، فلز پایه تأثیر دارد و بازتابش نور برحسب رنگهای به‌کار رفته و عمق شانلوه تغییر می‌کند. این نوع مینا را امیل مولینیه، بارلیفهای کوچک مینایی نامیده است.

در زمانهای بعد متوجه شدند که فلز پایه را می‌توان با اسیدنیتریک، مانند گراوور معمولی، حکاکی کرد و روشهای نوین گرمکوبی، تولید ورقهای کوچک مینایی را در مقیاس صنعتی ممکن می‌سازد. تکنیک آن با میناکاری شانلوه ــ به‌معنای دقیق کلمه ــ تفاوت بسیار دارد، با این‌همه شاخه‌ای از آن شمرده می‌شود.

میناکاری کوهایی در دربار شارل ششم پادشاه فرانسه مد شده بود. یک یا چند لایهٔ مینا را

۱. G. Plantagenét لقب کنت دانژو، ژوفروا پنجم ۱۱۱۳ـ۱۱۵۱.

به‌طور ساده برروی پیکر کوچک طلایی می‌چسباندند و در کوره می‌پختند. میناها ممکن بود نیم شفاف یا کدر باشند.

میناکاری گیوشی برروی پایه‌ای از طلا، نقره یا مس انجام می‌گرفت. این روش نام خود را از نوعی تیغه تراشنده به نام گیوش[1] گرفته است که از طریق یک دستگاه تراش عمل می‌کند و برروی فلزی که باید میناکاری شود، طرحهای متقارن رسم می‌کند؛ میناکاری حفره‌های اریب[2] معمولاً بر صفحهٔ طلا اجرا می‌شد که حفره‌های کوچک یکنواختی شبیه شانهٔ عسل در آن ایجاد می‌کردند. این دو تکنیک از میناکاری شانلوه، برای زینت دادن جای توتون در سدهٔ هجدهم زیاد رواج داشت.

میناهای رنگ‌شده نوعی میناکاری شانلوه هستند، با این تفاوت که معرق پخته شده در حرارت زیاد به معرق پخته‌شده در حرارت کم تبدیل شده است. رنگ و نقاشی پس از پخت در کوره بر روی آنها اجرا می‌شد. به‌عبارت دقیقتر یکطرف ورق نازکی از مس را با مینا و طرف دیگر آن را با مادهٔ گدازآوری (به نام ضد مینا)[3] می‌پوشاندند، تا اینکه ورق مس در اثر حرارت خم نشود. پس از اینکه آن را از کوره بیرون آوردند، رنگها را بر آن می‌گذارند و قطعه را از نو در کوره می‌برند؛ در صورت لزوم، این کار چند بار تکرار می‌شود. رنگها بسیار گوناگون هستند.

ساخت میناهای رنگ شدهٔ اولیه با روش بالا کمی تفاوت داشت: هنرمند برروی لایهٔ نخست مینا شکل موردنظر را ـ معمولاً با مینای قهوه‌ای ـ نقش می‌زد. این مینا را یکبار در کوره می‌پخت، سپس آن را بیرون آورده، شکل را با میناهای دارای رنگهای مختلف، اما نیم‌شفاف میناکاری می‌کرد تا شکل برجسته نشان داده شود.

گریزای نوعی میناکاری است که مطلوب میناکاران لیموژ بوده است، ساخت آن شباهت بسیار به ساخت شیشه‌های دولایه و حکاکی شده و معرقهای پوشش‌دار دارد: چنانچه ورقی از مس را با مینای سفید بپوشانیم و این پوشش نخستین را با لایه‌ای از مینای سیاه اندود کنیم، سپس با کارد نازکی لایه سیاه را مقداری برطرف سازیم تا پوشش سفید زیرین در مناطق موردنظر ما آشکار شود، طرح مطلوب ما با رنگ سفید در زمینه‌ای سیاه خود را نشان می‌دهد. میناهای رنگی که روی ورقهٔ مس اجرا شده‌اند، معمولاً کدر می‌باشند، جز آنهایی که در بالا شفافیت آنها تذکر داده شده است. گاهی برخی اجزای زینتی را با مینای نیم‌شفاف، برجسته می‌ساختند. هنرمند برای اینکه مینا در نقاطی دارای رنگ جلادار و زنده باشد، در زیر میناهای نیم‌شفاف ورقه‌های کوچکی از طلا یا نقره

۱. Guilloche نام شخصی است که این دستگاه تراش را اختراع کرده است.

۲. flinqué از واژهٔ آلمانی flankew به‌معنای اریب و جناحی تراشیدن است.

3. Contre-émail

می‌گذاشت، تا نور را بازتاب سازند. دانه‌های مینای نیم‌شفافی که بدین طریق ایجاد می‌شوند، گاهی همچون جواهرات تقلبی می‌درخشند.

سیاقلم

غالباً سیاقلم با مینا مشتبه می‌شود. سیاقلم که در سدهٔ دوازدهم در آلمان و در سدهٔ پانزدهم و شانزدهم در ایتالیا محبوبیت زیاد داشت، درواقع فقط ترکیبی از سولفور نقره بود. چلینی برای سیاقلم نسخه زیر را می‌دهد: نخست یک اونس نقره و دو اونس مس و سه اونس سرب را با یکدیگر ذوب می‌کنند، مخلوط گداخته را در ظرفی به‌شکل بطری که تا نیمه از گوگرد پر شده است، می‌ریزند. پس از اینکه ترکیب فوق جامد شد، بطری را می‌شکنند، چنانچه مخلوط مزبور به‌اندازهٔ کافی همگن نباشد، قدری بوره بدان می‌افزایند.

ورق نقره یا طلایی را که قرار است سیاقلم شود، حک می‌کنند و در آب محتوی خاکستر آن را قرار می‌دهند. آب را می‌جوشانند و خنک می‌سازند. از نو آن‌را گرم می‌کنند و سیاقلم خردشده و محلول را همچون مینا روی آن می‌پاشند. قطعه را سرد و پس از آن با خاکهٔ سنباده صیقل می‌دهند.

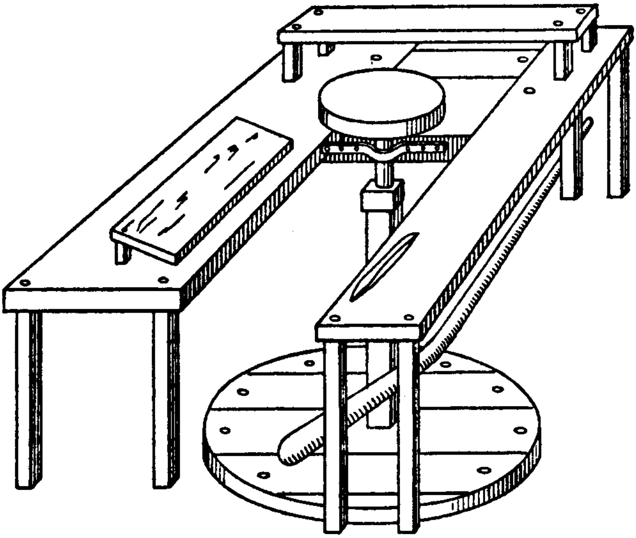
سرامیک (سفالینه)

اصطلاح سرامیک از واژه یونانی *Keramos* به‌معنای خاک رس اشتقاق یافته است، درحالی‌که واژه کوزه‌گری از واژه لاتین *potere* به‌معنای نوشیدن است. این دو معنی یکدیگر را کامل می‌کنند، زیرا دلمشغولی اساسی سفالگران اولیه، ساخت ظروفی گلین مخصوص مایعات و آب مشروب بود.

خاک رس را وقتی با آب مخلوط کنند، بسیار شکلپذیر می‌شود و همین‌که خشک شد، سخت می‌گردد. شکل دهی آن با دست و بسرعت انجام می‌گیرد. اختراع چرخ کوزه‌گری امکان ساخت اشکال گوناگون و جالب و نیز قالبهایی برای ساخت یک آوند به‌مقدار زیاد را بوجود آورد. این آوندها که در زیر آفتاب خشک می‌شدند، متخلخل و نم‌پذیر باقی می‌ماندند. برای نم‌ناپذیرسازی این آوندها، به‌کار ساخت انواع سرامیکها پرداختند که در زیر آنها را معرفی می‌کنیم.

سفالهای لعابدار: برای نم‌ناپذیرسازی کوزه‌های اولیه، آنها را با ماده‌ای شیشه‌ای، شفاف یا کدر، رنگی یا بیرنگ اندود می‌کردند. رنگی ساختن این آوندها مانند آوندهای شیشه‌ای، با وسیلهٔ اکسیدهای فلزی انجام می‌گرفت. آقای خروته[1] پیشنهاد می‌کند که این اندودهای شیشه‌ای را لعاب بنامند که به عقیدهٔ او به معنی «ترکیبهای شفاف رنگین یا بیرنگی است که آوندی از خمیر، نم‌پذیر را می‌پوشاند، یا

1. Groote

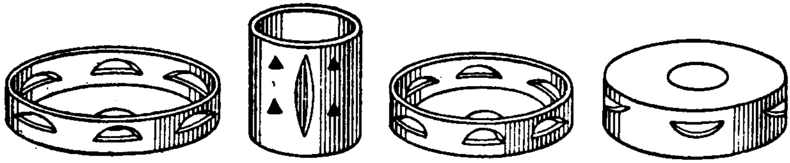


شکل ۲۸۱.چرخ کوزه‌گری (از پیکو لپاسو).

در پخت دوم که در دمایی پایینتر انجام می‌گیرد روی یک فراوردهٔ سرامیکی که اینک زجاجی شده است، افزوده می‌گردد». بدین‌ترتیب این اصطلاح لعاب در سرامیک بیشتر شامل مادهٔ گدازآوری می‌شود که در لعاب‌سازی به‌کار می‌رود.

لعابها بسیار گوناگون می‌باشند. جلاها نوعی لعاب سیلیکو ـ آلکالنی هستند که آوندهای رسی پخته شده را می‌پوشانند. جلاهای سیاه برروی خاک سرخ موجب شهرت زیاد آوندهای یونانی شد. لعابهای براق به‌طورکلی لعابهای شفاف، رنگین یا بیرنگی بر پایهٔ نمکهای سرب هستند. سفالهای براق در قرون وسطی بسیار بودند.

خود خاک می‌تواند بدون کاربرد لعاب هم تزیین خاصی را بپذیرد: این‌مورد سفالینه‌های دارای رنگهای گوناگون و یا همچنین سفالینه‌های به‌اصطلاح «اندود شده» است. طرز ساخت این نوع سفالینه‌ها چنین است: خاکی دارای رنگ معین، سراسر یا به‌طور جزیی با خاک دیگری با رنگ متفاوت اندود می‌شود. با سوزن نازکی روی لایهٔ بالایی طرحهایی رسم می‌شود که باعث می‌شود که رنگ خاک زیرین در آن طرحها نمایان گردند و آوند دو رنگ نشان داده شود. لعابی که بعداً به آوند زده می‌شود، شفاف است.



شکل ۲۸۲.ظرفهایی برای پختن آوندهای بدل‌چینی مایولیکا (از پیکو لپاسو).

بدل‌چینی (فایانس): اصطلاح «لعاب» لزوماً نزد سفالگران بدان معنی مصطلح در میناکاری نیست. اگر لعاب همان‌طور که ما آن‌را تعریف کردیم «شیشه‌ای که بوسیلهٔ اکسیدهای فلزی رنگین و در حالت گرم برروی فلزی اجرا گردیده است»، باشد سفالهایی که با لعاب اندود شده‌اند، سفالهای لعابدار هستند. با این‌همه در سفالگری؛ اصطلاح لعاب به‌معنای «اندودهای» شیشه‌ای ناشفافی است که برروی آوندی سفالینه اجرا شده است؛ (خروته). بدین‌ترتیب عدم شفافیت که ناشی از حضور نمکهای قلع است، محکی برای تشخیص «مینا» از لعاب است. اصطلاح فایانس (بدل چینی) گویا از فراورده‌های گلین شهر فائنتسا در ایتالیا اقتباس شده است که در سده‌های چهاردهم تا هجدهم مرکز صدور این کالا بوده است. این نامگذاری هم گفت‌وگوهایی را برانگیخته است. خروته علاقه دارد که این نام به «فراورده‌هایی نم‌پذیر و متخلخل که با پوششی زجاجی اندود شده‌اند»، اطلاق شود. بنابراین گویا برای او، دو اصطلاح «فایانس» و «سفالهای لعابی» دو اصطلاح کاملاً مترادف نیستند. از نظر ما می‌بایست اصطلاحات این دو تعریف معکوس شوند، به‌طوری‌که اصطلاح سفال لعابدار به هر نوع سفالینه‌ای گفته می‌شود که با اندود شیشه‌ای (شفاف یا غیر شفاف) پوشیده شده است و حال آنکه اصطلاح فایانس یا بدل‌چینی تنها به آوندهایی که با لعاب غیرشفاف پوشیده شده‌اند ـ مانند فراورده‌های فائنتسا ـ اطلاق می‌شود.

به‌هر تقدیر، زمانی‌که تعریف «بدل‌چینیهای برنار پالیسی»، یا «بدل‌چینی دو پخته» و «بدل‌چینی یک پخته» مطرح است، باید از معنی دقیق آنها اطلاع داشت.

اگر ما «بدل‌چینی برنار پالیسی» را به‌عنوان گروه جداگانه‌ای از بدل‌چینیها ذکر کردیم، علت این بود که این فراورده را می‌توان بینابین سفالهای دارای لعابهای سربدار و شفاف از یکسو و بدل‌چینی غیرشفاف دانست. نمکهای قلع تنها به‌مقدار بسیارکم در ترکیب سرامیکهای سفالگران معروف به‌کار رفته است.

بدل‌چینی دو پخته: بدل‌چینی به‌معنای دقیق آن، مثلاً مایولیکای[۱] ایتالیا، از هر دو سو با لعاب سفید قلعی کاملاً پوشیده شده است. رنگها، که بر پایهٔ اکسیدهای فلزی هستند، برروی لعاب خام و خشک اجرا می‌شوند. تنها پس از اجرای رنگهاست که قطعه را در کوره، در دمای بالا حرارت می‌دهند. رنگها معمولاً تیره و پررنگ و به‌علت دمای بالای پخت، تعداد آنها محدود است.

روشهایی که سازندگان ایتالیایی سرامیک به‌کار می‌بردند، به‌علت دست‌نویسی که یکی از این سرامیک‌سازان به نام کیپریانو پیکولپاسو[۲] در سدهٔ شانزدهم برای همکاران خود تحت عنوان *Vasaio Arte del* (سفالگری) برجای گذاشته است، برای ما کاملاً معلوم است. در این دست‌نویس مراحل مختلف تولید آنکه عبارتند از: آماده‌سازی گل، ورزدادن آن، چرخکاری، قالبگیری، پخت نخست، لعابدادن، آماده سازی و اجرای رنگها، پخت درکوره و خنک کردن آن، شرح داده شده است. جلای فلزی بعضی از بدل‌چینیها (ساختهٔ اسپانیاییها ـ عربها و بدل‌چینیهای دروتا[۳] و نیز گوبیو[۴]) ناشی از وجود نمکهای مس، نقره یا طلا در لعاب به‌کار رفته است.

بدل‌چینیهای اولیهٔ لیون و نه‌ور از نوع دو پخته بودند.

بدل‌چینی تک پخت: تزیین بدل‌چینیهای دو پخته برروی لعاب ناپخته انجام می‌گیرد، درحالی‌که رنگ‌آمیزی بدل‌چینیهای تک پخت برروی لعاب پخته اجرا می‌شود. ظروف لعابی را می‌توان چندبار درکوره گذاشت، بنابراین استفاده از رنگهای گوناگونتر و نیز حک و اصلاح نقشها امکانپذیر است. بدل‌چینیهای تک پخت که در اواخر سدهٔ هفدهم به بازار آمد، بویژه در فرانسه سدهٔ هجدهم رواج بسیار یافت.

بدل‌چینی ظریف: این اصطلاح کاملاً ابهام دارد و ریشهٔ آن مبهم بودن اصطلاحات به‌کار رفته در سفالگری حتی در دورانهای بسیار گذشته است. آقای الکساندر برونیار[۵] این فراورده را چنین تعریف می‌کند: «نوعی سفال از گل سفید، غیر شفاف، دارای ساخت ظریف، سنگین و پرطنین است که با نوعی لعاب براق متبلور دارای سرب پوشیده شده است.» گل آن از ترکیبات گوناگونی است: بدل‌چینیهای انگلیس از خاک رس و سنگ چخماق آسیا شده، ساخته می‌شدند. چنانچه خمیرآن محتوی کائولن (خاک چینی) بود، چینیهای غیرشفاف تولید می‌شد. بدل‌چینیهای ظریف مانند ظروف سرامیکی (ظروف سنگی) فراوردهٔ بینابینی سفال و چینی هستند.

---

۱. majolica این نام از جزیره مایورکا، جزء ایتالیا اخذ شده‌است.

2. Cipriano Piccolpasso 3. Deruta 4. Gubbio

۵. A. Brongniart ۱۷۷۰ـ۱۸۴۷ کانی‌شناس و زمین‌شناس فرانسوی، در سال ۱۸۰۰ مدیر تأسیسات چینی‌سازی سور شد و صنعت چینی‌سازی را از نظر علمی بسیار به پیش برد.

ظروف سنگی: آقای بروینیار که از وی صحبت کردیم، دو نوع ظروف سنگی را از یکدیگر تفکیک می‌کند: ظروف سنگی معمولی، و ظروف سنگی ظریف. بروینیار ظروف سنگی معمولی را نوعی «سفالهایی با خمیر سنگین، بسیار سخت، پرطنین، غیر شفاف و با دانه‌های کم‌وبیش ظریف» می‌داند. این خمیر را با اندودی زجاجی می‌پوشانند که پخت آن در همان دمایی انجام می‌گیرد که زجاجی شدن اندود را ممکن می‌سازد. اخیراً یک تعریف کلیتری پیشنهاد شده است: «هر فراورده‌ای را که پس از پخت نهایی دارای مقطع شکستگی شیشه‌ای، و در ضخامت کم هم غیر شفاف باشد ظروف سنگی نامیده می‌شود (پ. فوکه). اندود این نوع ظرفها ممکن است با پاشیدن نمک دریا برروی قطعه در زمان پخت آن انجام گیرد.»

ظروف سنگی ظریف دارای مایه‌ای بسیار پیچیده‌تر از نوع معمولی است. معمولاً کائولن و سنگ چخماق در ترکیب آن وجود دارند. ظروف سنگی ظریف بسیار شبیه بدل‌چینیهای ظریف هستند.

چینی: آقای پ. فوکه چینی را چنین تعریف می‌کند: «هر فراوردهٔ سفالی، که پس از پخت نهایی دارای مقطع شکستگی شیشه‌ای، و در ضخامت کم نیم‌شفاف باشد، چینی نامیده می‌شود.» این تعریف تفاوت بین ظرف سنگی و چینی را بخوبی مشخص می‌سازد و آن: نیم‌شفاف بودن در ضخامت کم است.

چینی نازک: از دیرباز جهانگردان و بازرگانان اروپا می‌کوشیدند تا نظایر چینیهای زیبایی را که از خاور دور آورده شده بود، در ممالک خود تولید کنند. این تلاش از سدهٔ شانزدهم در ایتالیا، سپس در سده‌های هفدهم و هجدهم در فرانسه و آلمان به تولید نوعی فراورده‌های سرامیکی توفیق یافت که به چینیهای محکم خاور زمین ـ چینی نازک ـ بسیار نزدیک بود.

ترکیب شیمیایی خمیر این چینیها معمولاً تغییرپذیر بود. و چینی‌سازانی که در اصرار به فاش نکردن راز خود مرگ را پذیرفتند، کم نبودند. خمیر این چینیها معمولاً محتوی «ماسه دیوریتی و آهکی سفید بود که شکلپذیری زیادی نداشت، از این‌روی مخلوط بسیار دقیقی از ماسه، سود، نمک دریا، شوره (نیترات پتاسیم) را با نوعی ملاط کاملاً همگن می‌ساختند.» (ژ. فونتن). ظروف ساخته شده را پس از پخت نخست با نوعی ورنی شفاف سربی اندود می‌کردند. رنگها، که برپایهٔ اکسیدهای فلزی هستند در این ورنی نفوذ می‌کنند و طی پخت با ماده گدازآور که به رنگها افزوده شده است، مخلوط و چسبندگی کامل را موجب می‌شوند. طلا که بدون مادهٔ گدازآوری به‌کار می‌رفت، از نوع «گرد طلایی است که به‌طریق صلایه کردن ورقهای طلا به‌دست می‌آمد» (بروینیار).

چینی سخت: اکتشافات سرامیک‌سازان آلمان در آغاز سدهٔ هجدهم، بویژه کارهای بوتگر[۱] در سال ۱۷۰۹، تولید نوع تازه‌ای از چینی را امکانپذیر ساخت، و آن چینی سخت بر پایهٔ کائولن، رس سفید گدازناپذیر بود. مایهٔ چینی سخت ازجمله محتوی مواد زیر است:

۱. کائولن (که اساس نسوز بودن مایهٔ چینی است)؛

۲. کوارتز، سیلیس بسیار خالصی که با دیگر مواد متشکله مایه مخلوط می‌شود و ایجاد سیلیکاتی می‌کند که نقش چسب مخلوط را دارد؛

۳. فلدسپات که مادهٔ گدازآور مخلوط است و ایجاد شفافیت می‌کند.

پخت نخست در ۷۰۰ یا ۸۰۰ درجه انجام می‌گیرد و قطعه را که بعداً یک پوشش بسیار سخت، یا اندودی زجاجی، غالباً براساس فلدسپات، به آن داده شده است، در دمایی در حدود ۱۲۵۰ تا ۱۲۸۰ درجه پخت می‌دهند. نقاشی روی ظروف پس از این پخت اجرا می‌شود و باز ظرف را به کوره می‌برند.

چینیهای سخت‌چین نیز از کائولن (این واژه از شهر کینگ توچن[۲] آمده است) و فلدسپات ساخته می‌شدند.

چینی دو آتشه: چینی دو آتشه از نوع بدون زینت و ساده است. چینیهای سور بویژه به‌شکل پیکره‌های کوچک یا گروههایی که گاهگاهی نمونه‌های جالبی از گچبری برای ما به‌جای گذاشته‌اند، شناخته شده‌اند. به تناسب ترکیب شیمیایی مایهٔ به‌کار رفته شده، چینی دو آتشه ممکن است از نوع نازک، یا سخت باشد.

هنرهای روی چوب

چوب: پیشه‌های چوبی از چوبهای گوناگون استفاده می‌کردند: چوبهای نرم (تبریزی و شاه بلوط) بسیار به‌کار برده می‌شد، بویژه تبریزی مورداستفادهٔ زیاد پیکرتراشان بود. چوبهای باریک (درختان میوه: گیلاس وحشی، گلابی) با رنگهای مختلف برای روکش و اثاثهٔ غیر ظریف به‌کار می‌رفتند. درختان صمغی (کاج، صنوبر، عرعر) گاهی برای ساختن وسایل معمولی به‌کار گرفته می‌شدند. چوبهای سخت (گردو، آلش، زبان گنجشک، بلوط) که کار کردن با آنها بسیار دشوار، و در عوض چوب آنها بسیار مستحکم بود، برای کارهای مرغوب مورداستفاده قرار می‌گرفتند. چوبهای گرانبها مانند آکاژو (مغون) و برخی چوبهای جزیره‌ها نظیر بلسان بنفش، تاج خروس، بنفشه و چوب

۱. Böttger یوهان فریدریش ۱۶۸۲ـ۱۷۱۹ چینی‌سازی آلمانی، سازندهٔ ظروف معروف به بوتگر.

2. King-tö-chen

جنگلهای کاین (در گویان فرانسه) . . .، برای روکش به‌کار می‌رفتند.

انتخاب چوب اهمیت زیاد داشت: چوب را نباید نه از قسمت چوب برون (بخش جوان درخت واقع در زیر پوست) و نه خیلی نزدیک به مغز لیفی چوب گرفت. صنعتگر می‌توانست معایب موجود در خود چوب را به محاسن آن تبدیل سازد: گره‌ها (غده‌های مرضی برخی درختان از قبیل نارون و غیره) و برآمدگیهای مربوط به محل انشعاب شاخه‌های بزرگ از تنه، غالباً تبدیل به زینت کالاهای چوبی می‌شد. به‌هرحال این امر مهم است که چوب را مدت زیادی برای خشک شدن انبار می‌کردند تا پس از که این مورداستفاده قرارگرفت، تاب برندارد. در حال حاضر فرآیند خشک‌سازی با کمک دستگاههای گوناگون تسریع می‌شود. در سدهٔ نوزدهم نیز این امر به‌طور کاملاً طبیعی انجام می‌شد. کنده‌های درخت را با این که برروی هم می‌چیدند، آنها را از یکدیگر جدا می‌داشتند و دور از باران سالها انبار می‌کردند. این کنده‌ها را بعداً با اره در طول می‌بریدند و به کارگاه می‌فرستادند. اره‌کاری موازی با الیاف انجام می‌گرفت، چنانچه اره کمی اریب کار کند در ورقه‌های بریده شده، نقشهای بیشتری ایجاد می‌شود. کنده‌های ایستاده، عمود بر الیاف چوب اره می‌شدند.

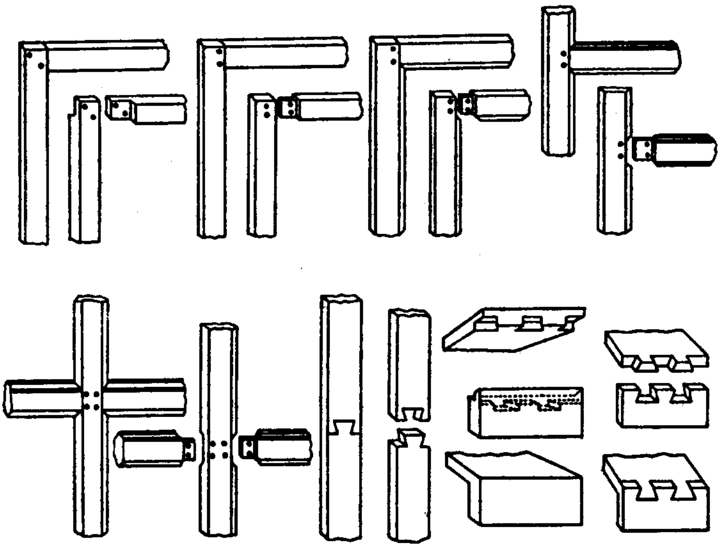
اکثر صنعتگران مانند پیکره‌سازان، فرنگی‌کاران، درودگران، سازندگان اجناس کوچک و کالسکه‌سازان و خاتم‌بندان از چوب استفاده می‌کردند و هنوز هم استفاده می‌کنند. ما در اینجا تنها شرح کوتاهی از تکنیکهای مبلسازی ارائه می‌داریم.

درودگری: این حرفه که در روزگاران ما نسبتاً ماشینی است، درگذشته تنها با ابزارهای بسیار ساده انجام می‌گرفت که عبارت بودند از: میزکار، انواع اره (اره‌های دستگاهی اولیه به آخر سدهٔ هجدهم برمی‌گردند)، چکشها، رنده‌ها و رندهٔ بلند، متهٔ شترگلو و قلمهای گوناگون.

مشکل عمدهٔ درودگران همیشه اتصال قطعات به یکدیگر بوده‌است. کهنترین نوع اتصال که محکمترین آنها نیز می‌باشد، اتصال «کام و زبانه» است. یک قطعهٔ نر- زبانه تراشیده می‌شود و قطعهٔ دیگری که ماده است، متناسب با نری گود می‌شود؛ با میخهای چوبی محکم می‌گردند. در اتصال «دم چلچله» شکل دم چلچله درنظر گرفته شده است. در این‌نوع اتصال برای تراشیدن نرگی و کندن مادگی، شکل دم چلچله در نظر گرفته می‌شود. این نوع اتصال، که در ساخته‌های مربوط به سدهٔ سیزدهم هم می‌توان آن را دید در شکل اتصال «دم پوشیده» که کمی آشکار است، تکامل یافت.

اتصال فاقی بسیار ساده انجام می‌گرفت و انواع آن بینهایت بود. در کتاب روبو[1] با عنوان *L'Art dumenuisier* (درودگری) که در سال ۱۷۷۲ انتشار یافته است و نیز در انسیکلوپدی

1. Roubo



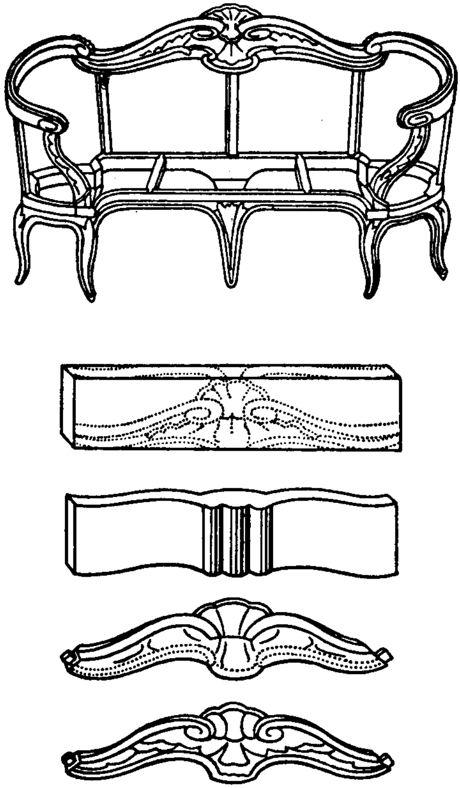
شکل ۲۸۳.انواع گوناگون اتصال دو قطعه در نجاری (انسیکلوپدی).

تعداد دیگری از انواع اتصالات چوب به تفصیل شرح داده شده‌اند ازجمله: اتصالات کلیدی، چنگالی و... که ترکیب آنها ظاهراً نهایت، ندارد. به‌کار بردن چسب اساساً ممنوع بود، هر قطعهٔ نجاری باید طوری ساخته می‌شد که بتوان آن را جدا و از نو متصل ساخت.

کام‌کنی به‌طورکلی با قلم و رنده انجام می‌گرفت، کاری که اکنون ماشینی است. کارگر تنها به ساختن قلمی فولادین که متناسب با شکاف دلخواه باشد، اکتفا می‌کرد. پیکرسازی نیز با قلم انجام می‌گرفت. پایه‌ها و دسته‌های بعضی مبلها به روش خراطی ساخته می‌شدند. مبلها را پرداخت می‌کردند، آنها را واکس، رنگ و جلا می‌زدند؛ طلاکاری و نقره کوبی و خاتم‌بندی می‌کردند؛ لاک و الکل می‌زدند.

مبلهای رنگ و جلاکاری شده: مبلهای رنگ شده گوناگون هستند و در بعضی از نواحی بسیار گرامی داشته می‌شدند. کتاب واتن[1] با عنوان: *L'art du Peintre doreur, vernisseur* که در سال ۱۷۷۴ انتشار یافت، روشهای متعددی برای رنگ زدن چوب پیشنهاد می‌کند. رنگی که به‌کار می‌رفت دارای آب، چسب و روغن (روغن برزک، گردو، کوکنار) و اسانس تربانتین یا انواع جلاها بود. رنگهای روغنی و رنگهای لعابی درکارهای چوبی مورداستفاده قرار می‌گرفتند؛ جلاها

1. Watin



شکل ۲۸۴. مراحل گوناگون ساخت یک کاناپه (انسیکلوپدی).

برای بعضی مبلها و قابهای کالسکه‌ها و غیره به‌کار برده می‌شد.

جلاها براساس صمغها ساخته می‌شدند. واتن در کتاب خود در فصل مربوط به جلاکاری، آن‌را چنین شرح می‌دهد: «یک یا چند صمغ را در مایعی حل می‌کنند و یا اینکه در صمغهایی که در اثر آتش مستقیم چنان ذوب شده‌اند که دیگر قوام نخستین را نمی‌توانند به‌دست آورند، مایعی را ممزوج می‌سازند». این مایع تنها نقش چسب را دارد و زمانی‌که برروی مبل اجرا می‌شود تبخیر می‌گردد و جلایی «تنها با شفافیت خاص آن» روی مبل برجای می‌گذارد. مایعهایی که برای حل صمغها به‌کار می‌رفت، عبارت بودند از: اسانس تربانتین، الکل اتیلیک (جلای روشن) و روغن (روغن جلا). صمغهای مورداستفاده یا صمغهای واقعی (از جمله سندروس) بودند یا سقز و یا قیر.

تذهیب: روشهای تذهیب چوب از سده‌های هفدهم و هجدهم رواج داشت. ورقهای نازک طلا را برروی قسمتی که می‌خواستند تذهیب کنند، قرار می‌دادند.

واتن برای چسبانیدن ورقهای نازک طلا برروی چوب، چند روش را بدقت شرح می‌دهد: تذهیب با چسب مراحل چندی دارد، از آن جمله: نخست چوب را پرداخت و آستر می‌زدند تا اینکه طلا خوب به آن بچسبد. این آستر را که عمدتاً از سفیداب بوژیوال[1] و نوعی چسب تهیه می‌شد، برروی چوب می‌مالیدند. آستر زدن چندبار انجام می‌گرفت برای اینکه همهٔ ظرافت خطوط چوب باز نموده شود، می‌بایست آن را سنباده‌کشی و تعمیرکرد. چوبی که روی آن آستر زده شده با ملاطی مخلوط با اخرای زرد، زرد رنگ می‌شود «تا تمام حفره‌های آن پر گردد و طلا نتواند به درون چوب نفوذ کند». عملیات بعدی عبارت از «گذاردن بشقاب» برای طلا است. این بشقاب از «گل ارمنی، کمی حجرالدم، مقداری بسیار جزیی گرافیت و چند قطره روغن زیتون» ساخته می‌شود که مجموعه را در چسبی به‌شکل خمیر درمی‌آورند و به‌مثابهٔ، بشقاب برای طلا روی چوب می‌گذارند. در پایان کار، ورق نازک طلا را با کمک آب آشامیدنی روی این بشقاب محکم می‌چسبانند و آن را پرداخت می‌کنند.

تذهیب یونانی به روش گفته شده شباهت بسیار دارد، اما آقای واتن معتقد است که مقداری از طلا را پرداخت نمی‌کردند، تا بعداً روی آن قسمت را تزیین کنند.

تذهیب روغنی برروی آستری عمدتاً از سفیداب شیخ، اخرای زرد و مردار سنگ که نه با چسب بلکه با روغن خمیر شده بود، انجام می‌گرفت. این آستر روی چوب زده می‌شد و ورق نازک طلا را مانند روش پیش گفته برروی آستر چسبانیده، آن را پرداخت می‌کردند.

نقره‌کاری یا تفضیض هم مانند تذهیب با ورق نازکی از نقره برروی آستری از چسب مناسب انجام می‌شد.

روشهای تذهیب رایج در سدهٔ نوزدهم کیفیت تذهیب با ورق طلا را ایجاد نمی‌کردند. روش «تذهیب با روغن جلا» با آسیا کردن ورق طلا و آمیختن گرد طلا حاصل با یک روغن جلای زود خشک شونده، اجرا می‌گردید. مخلوط را روی چوب آماده قرار می‌دادند. تذهیب ارزانتر و پایینتر، «طلا کاری با مهره» اصطلاح شده بود. در این روش خمیری که مقداری کلرور طلا در آن وجود داشت، تهیه و قطعه‌ای را که می‌خواستند تذهیب کنند با این خمیر مالش می‌دادند.

لاکها: لاک را در سده‌های هفدهم و هجدهم معمولاً از خاور دور وارد می‌ساختند و آنها یا لاکهای «رنگی» یا لاکهای پیکره‌سازی بودند.

---
1. Bougival

لاکهای پیکره‌سازی (مثلاً لاکهای کوروماندل)[1] خمیری سفت، شبیه خمیر مقوا بودند که از الیاف کنف، کاغذ جوشیده و پوست تخم‌مرغ ساخته می‌شدند. این خمیر را در روغن کاملیا حل می‌کردند و گاهی آن را رنگ می‌زدند. از این لاک برروی چوبی که با پارچهٔ بسیار نازکی پوشیده شده بود، چند لایه می‌کشیدند. ضخامت این لایه‌ها به یک حتی ۱/۵ سانتیمتر می‌رسید و مطابق طرح دلخواه با قلم روی آن را حک می‌کردند.

لاکهای رنگی نوعی جلا بودند که به کمک صمغی، دقیقاً شیرابه، که با تیغ زدن به درختان گوناگونی در خاور دور (چین، ژاپن، هندوچین) گرفته می‌شد، ساخته می‌شدند. این صمغ را در روغن آغشته به سولفات آهن و سرکه برنج رقیق می‌کردند. رنگها از مواد طبیعی گرفته می‌شدند، بدین‌ترتیب که: سیاه از مواد حیوانی و روغن چای، زرد از زهره خوک و روغن، قرمز از قرمزدانه و.... چوب را با لایهٔ آستری از خاکه سنباده، شنگرف، را تیانهٔ هندی و زهرهٔ گاو می‌پوشاندند. لایه‌های لاک را پس از پرداخت چوب با قلم مو روی آن می‌کشیدند. این لایه‌ها گاهی بسیار متعدد (از ۶ تا ۱۸) بودند. هیچ لایه‌ای را پیش از آنکه لایهٔ قبلی کاملاً خشک‌نشده باشد، اجرا نمی‌کردند. در موضوع لاک کاری، نوشتهٔ جالب اما مبهمی از پدر انکارویل[2] با عنوان *Mémoire sur le vernis de chine* در دست است که واتن اطلاعات خود را از آن اقتباس کرده‌است.

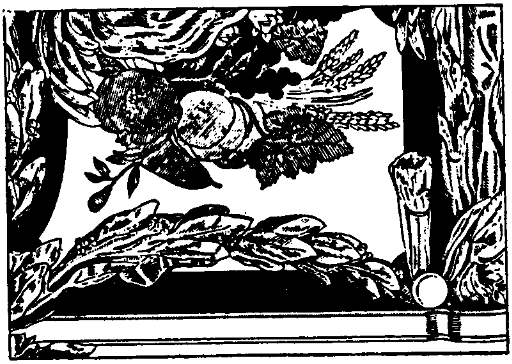
هنرمندان غرب همهٔ تلاش خود را برای کاربرد مجدد یا کپی کردن لاکهای مشرق‌زمین به‌کار بردند. موزهٔ لوور مثلاً کمدی از لویی پانزدهم دارد که با لاکهای کوروماندل زینت شده است و امضای یک لاک کار معروف را نیز بر خود دارد. آقای کارل[3] که کمد مزبور را مهر زده است، جز بریدن و سوارکردن یک پاراوان وارداتی کار دیگری انجام نداده‌است. واتن، از سویی دیگر، فصلی را تحت عنوان «طرز تهیهٔ لاکهای چینی» ویژهٔ این بحث ساخته است. کارهای اولیه برپایهٔ استفاده از سفیداب بوژیوال است. جلاکاری نیز یا با خرنوب و یا با لاک سقزی و الکل شراب انجام می‌گرفت.

برای اینکه بحث را با موضوع تزیین مبلها پایان دهیم، تنها به تذکر این نکته اکتفا می‌کنیم که درمورد ساختن صندلی و تختخواب، پس از اینکه کار درودگر به پایان می‌رسید آن را به مبل‌دوز تحویل می‌داد تا با تسمه‌هایی (گویا فنر در سدهٔ نوزدهم متداول شده است) از موی اسب و پارچهٔ مبلی آن را مزین سازد، در پایان اطراف مبل را یراق‌دوزی می‌کردند.

منبت‌کاری: اصل و منشأ منبت‌کاری را باید در انواع حکاکیهایی دانست که ایتالیاییها در دوران رنسانس رواج دادند و گاهی روی بعضی مبلهای ساده، آثاری از آنها دیده می‌شود. کنده‌کاریهای

۱. Coromandel نام ساحل شرقی ایالات مدرس و آندراپرادش، در هند.

2. P.d, incarville 3. Carel



شکل ۲۸۵.اثری منبّت‌کاری شده و مفرغی بخشی از میز کار لویی پانزدهم (موزهٔ ورسای).

کوچکی در چوب (معمولاً چوب نرم به‌کار برده می‌شود) ایجاد می‌کردند و قطعات چوبی دارای رنگهای متباین را در قسمتهای کنده شده، می‌چسبانیدند. قطعات کوچکی از مرمرهای چند رنگ گاهی به‌جای چوب مورداستفاده قرار می‌گرفت. واژه ایتالیایی *intarsia* که اساساً مربوط به این نوع کار است، اکنون به‌معنای کلی منبّت‌کاری است. مبلهای اولیهٔ فرانسه با تقلید از *intarsia* با سیمهای قلعی جاگذاری شده، تزیین شده‌اند و غالباً روی چوبهای گرانبها (مثلاً تاج خروس) چسبانیده شده‌اند.

خاتمکاریهای با صدف و مس که نام پایه‌گذار آن ا. س. بول[1] را در عهد لویی چهاردهم به شهرت رسانیدند نیز نوعی ترصیع می‌باشند با این تفاوت که نه‌تنها بخشی بلکه سراسر قطعه موردنظر مورد عمل قرار می‌گیرد. مبلساز طبق طرح معین، با دقت از یک صفحهٔ مسی یا قلعی قطعات زینتی: گل، چهره شخص و غیره را بریده و خارج می‌ساخت. این قطعات را بعداً در ورق نازکی از صدف که متن کار را تشکیل می‌دهد، به‌حالت گرم ترصیع می‌کنند. چنانچه قطعات ترصیع شوندهٔ صدف و متن کار مس باشد، کار را ترصیع مخالف Contre-Partie می‌نامند که گاهی عوامانه آن را مخالف بول Contre Boule می‌گویند. روشن است که یک کارگر دقیق می‌تواند همزمان تزیین دو مبل مشابه، اما یکی با ترصیع مس در صدف و دیگری با ترصیع صدف در مس، را انجام دهد. همچنین توجه می‌دهیم که به‌جای اینکه مس یا قلع را در صدف ترصیع کنیم، آنها را می‌توان در شاخهای رنگین: آبی یا قرمز، جاسازی کرد. خود صدف ممکن است خرمایی یا قرمز باشد و می‌توان قطعات کوچک سنگهای سخت (مثلاً لاجورد) را به مجموعهٔ صدف، مس، قلع افزود.

1. A. C. Boule

در خاتم‌بندی اصیل، چوبی که به‌عنوان متن به‌کار می‌رود ممکن است در زیر «روکش»هایی از چوبهای گرانبهای دارای رنگهای گوناگون، که گاهی قطعات کوچک استخوان یا گوش‌ماهی با آنها همراه است، پنهان گردد. تکه‌های روکش را چسب می‌زنند و با «آهنی که چسب را گرم می‌کند» و چکش خاتم‌بندی آن را جا می‌گذارند. تکه‌های روکش بسیار نازک (حداکثر تا یک میلیمتر)، و بعضی از تکه‌ها خود رنگ هستند و تکه‌هایی را با رنگ طبیعی رنگ می‌زنند. چنانچه طرح موردنظر مشکل باشد، تکه‌های روکش را جداجدا با دقت بریده پشت آنها چسب زده و برای اطمینان خاطر روی صفحه‌ای از کاغذ می‌چسبانند. وقتی‌که روکشها در جای خود چسبانیده شدند، آنها را پرداخت و گاهی هم جلا می‌زنند.

مبلهای منبت‌کاری شده را تزیین دیگری هم می‌دهند و آن کارگذاری سنگهای مرمر و مفتولهای مسین و یا مفرغی است که با جیوه آنها را تذهیب کرده‌اند، در پایان آنها را جلاکاری یا نقره‌ای می‌کنند.

هنرهای روی فلز، فلزات گرانبها

طلا: روشن است که طلا فلزی عالی است که قبل از بقیه فلزات موردنظر و استفاده بوده است. طلا که به‌واسطهٔ درخشش زوال‌ناپذیرش شناخته می‌شود، فلزی بسیار نرم و چکشخوار است: ورقهای طلا که برای روکش به‌کار می‌روند، گاهی به ضخامت کاغذ سیگار می‌باشند. چگالی طلا ۱۹٫۲۶ است که اگر چکشکاری شود به ۱۹٫۳۶ می‌رسد. طلا فلزی است که کار کردن با آن آسان می‌باشد، اما با این‌همه یک عیب دارد و آن استحکام کم آن است. بنابراین آلیاژهای گوناگون از آن ساخته‌اند تا اینکه هم استحکام آن افزایش یابد و هم بهای قطعات ساخته شده از آن، کاهش یابد. همیشه مقامات دولتی و صنفی ترکیب آلیاژهای طلا را بشدت کنترل کرده‌اند: انگهایی که اولین آنها در فرانسه تا سدهٔ سیزدهم به عقب برمی‌گردد ـ برروی اشیاء ساخته شده از طلا زده می‌شد تا کیفیت طلای آن تضمین شده باشد.

در حال حاضر آلیاژهای طلا از قرار زیر هستند: زمانی‌که می‌گویند آلیاژ اولین عیار را دارد یعنی ۹۲۰ طلا و ۸۰ در هزار مثلاً مس دارد؛ عیار دوم ۸۴۰ طلا و ۱۶۰ مس است، و عیار سوم ۷۵۰ و ۲۵۰ می‌باشد. راه دیگری هم برای مشخص کردن آلیاژهای طلا وجود دارد: قیراط وزنی از طلای خالص است که ۱٫۲۴ جرم کلی یک آلیاژ را معرفی می‌کند. طلای خالص، ۲۴ قیراط است. در مورد وزن طلا باید گفت که در کتابهای قدیمی برپایهٔ مارک معین می‌شد: مارک معمولی

برابر ۲۴۴٫۷۵ گرم بود که چهار مارک حدود یک کیلوگرم می‌شد. در بعضی شهرها وزن مارک طور دیگری بود، مثلاً در تروا هر مارک برابر ۲۶۰٫۰۵ گرم بود.

نقره: چگالی نقره برابر ۱۰٫۴۱۴ می‌باشد چنانچه چکشکاری شود ۱۰٫۵۱۰ خواهد بود. نرمی نقره شگفت‌انگیز است، بوسیلهٔ دستگاه مفتولکشی قدیم یا جدید، از یک گرم نقره می‌توان سیمی به طول ۲٫۵۰ متر به‌دست آورد. استحکام آن نیز جالب است: یک سیم نقره با مقطع ۲ میلیمتری می‌تواند ۸۵ کیلوگرم را تحمل کند.

نقره مانند طلا غالباً به‌شکل آلیاژ به‌کار می‌رود: نقره دارای عیار اول ۹۲۰ و عیار دوم ۸۵۰ و بالاخره آلیاژ دارای عیار سوم ۷۵۰ در هزار نقره دارد. روش قدیم تشخیص این آلیاژها بر پایه دنیه[1] بود که نقرهٔ خالص ۱۲ دنیه بود.

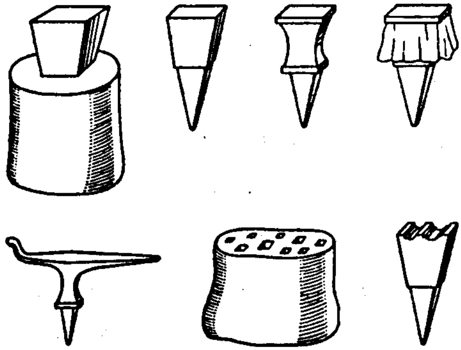
زرگر مجهز به تعداد معدودی وسیلهٔ کار ـ ساختهٔ خودش ـ بود، از قبیل: انواع چکش، سندان کوچک و سندان؛ برای بعضی از برجسته‌کاریها از مطرقه استفاده می‌شد.

کار روی فلز: با استفاده از خصوصیات فلزات، بویژه نرمی آنها کارگر می‌توانست برروی قطعه‌ای از طلا یا نقره تنها با استفاده از چکش، شکل موردنظر را ایجاد کند: این کارها عبارت بودند از: برجسته کاری، صافکاری و تنگ کردن دهانه. آزمودگی زرگر (قدیم یا جدید) اساساً در مهارت او در چکشکاری است که نباید چکش را دوبار در یک نقطه فرود آورد. این آزمودگی غالباً بستگی به مهارت کارگر دارد. آقای ل. لانل[2] می‌نویسد: «ما صافکاران ماهری را می‌شناسیم که بوسیلهٔ چکشها و سندانهای خود با یک سکه پنج فرانکی نقره می‌توانند یک گلدان بسازند، درحالی‌که خطوط منقوش در لبهٔ سکه روی گردن گلدان نقش نمی‌بندد.» طلا و نقره در اثر چکشکاری بخشی از نرمی خود را از دست می‌دهند و آنها را می‌بایست از نوگرم کرد تا مقداری از خاصیت الاستیکی خود را بازیابند. چنانچه فلز را چکشکاری نمی‌کردند، آن‌را در حالت شمش به‌کار می‌بردند. زرگر روی شمشی از نقره تصویر شیئی را که می‌خواست باز نماید، رسم می‌کرد و با ابزارهای برنده‌ای نمای کلی شیء را قلم می‌زد.

چنانچه زرگر به‌جای از رو، از پشت کار را انجام می‌داد، می‌گفتند برجسته‌کاری شده است. در قرون وسطی صورتهای بسیاری از طلا یانقره بدین روش ساخته شده است. تئوفیل پروسبیتر سفارش می‌کند که گودیها را با مخلوطی از خرده آجر و موم پر کنند تا صورتها استحکام یابند.

بخشهایی از یک صورت مانند نوکها، دسته‌ها و... را می‌توانستند جداگانه بسازند و بعداً آنها را متصل کنند. در چنین حالتی، عیار قسمتهایی که افزوده می‌شوند کمتر از عیار قسمت اصلی و

1. denier 2. L. Lanel



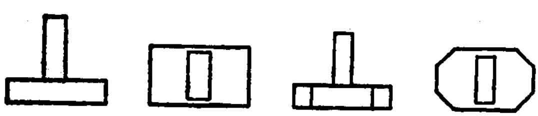
شکل ۲۸۶.سندانهای گوناگونی که در زرگری به‌کار می‌رفتند (انسیکلوپدی).

نقطهٔ ذوب آنها پایینتر است. مقرراتی ازگذشته زیاد بودن اتصالها را ممنوع می‌ساخت، زیرا ممکن بود ارزش اصلی شییء فروخته شده، به‌طور شدیدی پایین آید.

زرگران برای اینکه کار خود را ساده کنند و محصول خود را مطابق استاندارد سازند، به ساختن اشکالی از چوب یا فلز و نیز ماهیچه‌هایی پرداختند که ورقهای فلز را با چکش روی آنها جا گذاری می‌کردند. جعبه‌های طلای سدهٔ هجدهم، به‌طوری‌که انسیکلوپدی شرح می‌دهد، شکلی مطابق «ماتریس برجسته کاری» داشتند.

در کارهای زرگری نمی‌توان از دستگاههای تراش به‌آسانی بهره گرفت. از سدهٔ هجدهم در اندیشهٔ ساخت دستگاههای پیچیده‌ای بودند که به مدلهای مفرغی مثلاً صفحاتی مجهز باشد که حرکت تیغ دستگاه را هدایت کنند. همهٔ این صفحات هدایت‌کننده دارای دوره‌ای درست مانند مدل بودند. دستگاه تراش گیوش که در مبحث میناکاری دربارهٔ آن سخن راندیم با چنین دستگاه تراشی عمل می‌کرد. شرح این دستگاهها را درکتاب دوم، فصل ۱، «ماشینیسم صنعتی» آورده‌ایم.

همهٔ روشهای زرگری که تا اینجا شرح آنها داده شده است، بدون دخالت گرما انجام می‌گرفتند، اما ساخته‌هایی قدیمی از طلا و نقره وجود دارد که با روش ریخته‌گری تولید شده‌اند. این امر



شکل ۲۸۷.ماهیچه‌هایی برای ساخت قوطی توتون (انسیکلوپدی).

بخصوص در مورد قاشق و چنگالهایی صدق می‌کند که به پایان سدهٔ هجدهم تعلق دارند، آنها مانند مدال، در حالت گرم با پرش شاهنگی زده شده‌اند.

قطعات ریخته‌گری شده از این فلزات بسیار کم هستند، اما می‌توان از تعداد زیادی ابریق، سوسخوری و حتی بشقاب نام برد که در سده‌های هفدهم و هجدهم براساس روشهایی از ریخته‌گری که در قسمت مفرغ به آنها خواهیم پرداخت، تولید شده‌اند.

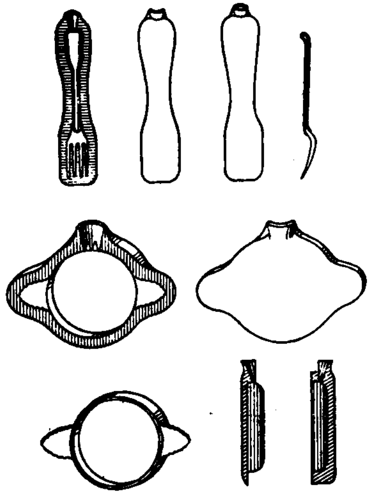
تزیین: قطعهٔ طلا پس از اینکه با روش چکشکاری یا ریخته‌گری ساخته شد، آن را به‌طور ساده پرداخت می‌کردند، نقره پس از پرداخت همهٔ درخشندگی خود را باز می‌یابد. قطعهٔ ساخته‌شده را می‌توان پیش از پرداخت، تزیین کرد. زینتی که داده می‌شد عبارت بود از: نگین مروارید، ملیله‌دوزی یا مفتول گذاری، کارهای حکاکی یا قلمزنی، سیاقلم، میناکاری و تذهیب. در مورد سیاقلم و میناکاری صحبت کرده‌ایم، اما دربارهٔ هنرهای دیگر می‌توان اطلاعاتی به‌دست داد.

مفتولهای نقره‌ای یا نقره‌ای تذهیب شده برای ملیله‌دوزی را یک‌به‌یک می‌کشیدند و به قطعهٔ ساخته شده لحیم یا پرچ می‌کردند. ملیله‌دوزی سده‌های یازدهم، دوازدهم و سیزدهم شایستهٔ بررسی جداگانه‌ای است. انواع آن عبارت بود از: ملیله‌دوزی با یک یا چند مفتول، ملیله‌دوزی کم‌وبیش فشرده، ملیلهٔ قلابی. یک یا چند حلقه هم که درجای خود پرچ می‌شدند به ملیله افزوده می‌شد.

حکاکی بوسیلهٔ ابزارهای تیز انجام می‌گرفت و فلز را کم‌وبیش عمیق می‌کندند و آن را به‌اصطلاح «شانلوه» می‌کردند. در قلمزنی همان‌طورکه از اصطلاح آن برمی‌آید، با کمک قلمهای بسیار ظریف مدلها را زینت می‌دادند و نواقص آنها را برطرف می‌ساختند و شکلها را بدون اینکه از فلز زیاد برداشته شود، برجسته می‌نمودند.

تذهیب بوسیلهٔ جیوه انجام می‌گرفت، قطعه را با دقت آماده می‌ساختند، اسیدشویی می‌کردند؛ آنگاه با ملغمه‌ای از طلا (یک بخش) و جیوه (دو بخش) آن‌را مالش و اندود می‌کردند. سپس آن را درکوره می‌نهادند تا تذهیب خوب به فلز بچسبد و جیوه تصعید گردد. تذهیب به‌روش «آبدادن» کار پایینتری بود؛ در این روش قطعه را پس از اسیدشویی، در حمامی از کلرور طلا و پتاس غوطه می‌دادند. تذهیب با جریان الکتریسیته که اکنون معمول است نتایج رضایتبخشی دارد.

پرداخت قطعات تذهیب شده با چرخ، گرد سنباده یا سوهانهای نرم که نوک آنها از عقیق است، جریان کار را خاتمه می‌داد.



شکل ۲۸۸.قالبهایی برای ریخته‌گری چنگال و کاسه از قلع (انسیکلوپدی).

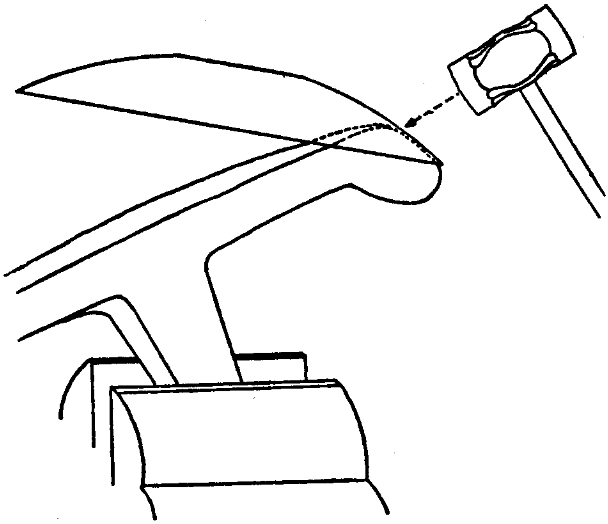
فلزات معمولی

قلع: قلع فلزی سبک است (چگالی آن ۷٫۲۹) که ویژگی آن دمای ذوب بسیار پایین (۲۳۲ درجه) می‌باشد؛ بنابراین در لحیمکاری مورداستفادهٔ فراوان قرار می‌گیرد. اشیاء ساخته شده از قلع معمولاً در قالب ریخته‌گری می‌شوند، قطعات ریخته‌گری شده را بعداً می‌توان در محل حکاکی یا گرمکوبی کرد و آن را پرداخت نمود.

اکسید قلع، همان‌طورکه دیدیم در شیشه‌گری و میناکاری مورداستفاده می‌باشد. از قرون وسطی تعداد بسیارکمی از اشیاء قلعی به‌جای مانده‌اند. کلکسیونهای بزرگ سدهٔ نوزدهم، ساخته‌های بریو[1] و ریخته‌گریهای قلعی سدهٔ شانزدهم آلمان را به نمایش گذاشته‌اند.

آهن: چگالی آهن ۷٫۸۶ و دمای ذوب آن ۱۵۰۰ درجه است. هیچ نیازی به‌تفصیل روشهای آهنگری نیست؛ زیرا هرکس درواقع می‌داند که آهن تفته را می‌توان برروی سندان و با پتک‌کاری به‌شکل دلخواه درآورد. دو قطعهٔ آهن تفته را می‌توان، بدون دخالت عنصر سوم، به یکدیگر جوش داد. آهن را می‌توان تذهیب، تفضیض، میناکاری و برونزه کرد. کاربرد آهن بسیار است، که شناخته‌ترین آنها در ساختمان می‌باشد (بالکونها، پلکانها، پنجره و . . .) که در سده‌های هفدهم و هجدهم در حد خود تبدیل به رشته‌های تخصصی شده بودند.

1. Briot



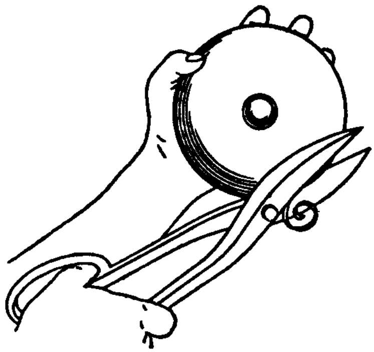
شکل ۲۸۹.صافکاری یک بشقاب مسی با چکش، پیش از لعاب‌دادن آن (بارث).

سرب: سرب، فلزی بسیار نرم و چگالی آن از قلع بیشتر (۱۱٫۳۷) است. دمای ذوب سرب گرچه از قلع بالاتر است، اما باز می‌توان آن را نسبتاً پایین (۳۲۷ درجه) دانست. سرب هم مانند قلع در ریخته‌گری هنری تنها برای ساختن مجسمه‌های کوچک، و یا برعکس آثار یادمانی به‌کار می‌رود. بسیار از فواره‌های مشهور، از آن جمله فواره‌های ورسای، با سرب ریخته شده‌اند. باید دانست که آبهای رودخانه که نمکهای معدنی در آنها وجود دارند، به سرب آسیبی نمی‌رسانند.

از اکسید سرب در ساختن سرامیک و مینا استفاده می‌شود.

مس: مس گرچه به «فلز فقرا» شهرت دارد، اما در زرگری کاربرد بسیار دارد. تعداد زیادی از صندوقهای ضریح و نگاهدار اشیاء مقدس در قرون وسطی از مس و تنها با تزیین برجسته‌کاری ساخته شده‌اند. اشیاء مسین میناکاری و یا تذهیب شده، زرگران موز، رنانی و لیموزن را بلندآوازه ساخته‌اند.

دمای ذوب بسیار بالا (۱۰۸۴ درجه)ی مس، ریخته‌گری و قالبگیری آن‌را بسیار دشوار کرده است؛ برای این‌کار از آلیاژهای مس استفاده می‌شود. مسینه‌های معروف از آلیاژ مس و روی = برنج، ساخته شده‌اند.



شکل ۲۹۰.آماده‌سازی یک بشقاب مسی، پیش از لعاب‌دادن آن (بارث).

تذهیب مس از طریق به‌اصطلاح «قراضهٔ طلا» انجام می‌شود که جیوه در آن به‌کار می‌برند. مس تذهیب شده را می‌توان به‌آسانی جلا داد. تفضیض مس هم، به‌روش بالا اجرا می‌شود که در آن نیز می‌بایست از جیوه استفاده کرد. دادن آب نقره به قطعات مسی هم یا با الکترولیز و یا با فرو بردن در محلول انجام می‌گیرد.

فلز مس در ترکیب بسیاری از آلیاژها شرکت دارد که از آن‌میان می‌توان از: پلاکه[1]، ورشو، و روئولس[2] نام برد. پلاکه روشی است که در سدهٔ هجدهم کشف شده‌است که طی آن قطعات مسی با نوردکاری با نقره پوشیده می‌شوند؛ در روکش نقره‌ای فلز نقره را روی مس جوش می‌دهند. ورشو آلیاژی از مس، روی و نیکل است. روئولس از نام مخترع آن در سدهٔ نوزدهم گرفته شده‌است. روئولسهای اولیه از برنج آب نقره داده شده با روش الکترولیز بود، بعدها به‌جای برنج از ورشو استفاده شد.

چدن و مفرغ

روشهای ریخته‌گری که در زیر آنها را شرح می‌دهیم، برای مفرغ و دیگر فلزات نیز معتبر می‌باشند.

مفرغ آلیاژی از مس و قلع با نسبتهای گوناگون است. سرب و روی به آلیاژ مفرغ افزوده می‌شدند. این آلیاژ که در سده‌های پانزدهم و شانزدهم بوسیلهٔ ایتالیاییها مورداستفاده قرار می‌گرفت،

1. Plaqué

۲. Ruolz روشی که در سال ۱۸۴۱ بر اساس نام مخترع آن نامگذاری شده است. در این روش از طریق گالوانوپلاستی (فلزاندایی)، به مجسمهٔ فلزی موردنظر آب نقره داده می‌شود.

معمولاً شامل ۸۸_۹۰٪ مس است. برخی مفرغهای قدیم دارای ۷۰٪ مس و ۲۳٪ قلع بودند که مقداری سرب و روی بدانها افزوده شده بودند. در سدهٔ هفدهم آقای کلر[1] از آلیاژی استفاده می‌کرد که دارای ۹۰٪ مس، ۲٪ قلع، ۱٪ سرب و ۷٪ روی بود.

ریخته‌گری در مدل مومی: تا شروع سدهٔ پیشین، ریخته‌گری در مدل مومی در ردیف ریخته‌گریهای هنری به‌شمار می‌آمد. پیکره‌های سوار نظام گاتاملاتا (ساختهٔ دوناتلو) وکولئونی[2] (ساخته وروکیو) و نیز لویی چهاردهم (ساخته فرانسوا ژیراردون)[3] با این روش تهیه شده‌اند.

پیکره‌ساز می‌بایست پیش از هر کار، مدل اولیه را تهیه کند، سپس مدل را که از چوب، گچ یا گل، و یا از موم برای قطعات کوچک ساخته شده‌است، اندازه سازد.

مدل که ساخته شد آن را با گچ قالب می‌گیرند تا حفره‌ای دو بخشی متناسب با مدل به دست آید. چند قطعه زینتی، هم جداگانه قالب‌سازی می‌شوند.

برای ریخته‌گری قطعات بزرگ، باید ماهیچه‌ای از میله‌های آهنی، گل یا توده‌ای از خرده‌آجر و... آماده می‌کردند. این ماهیچه که از قطعه مورد ریخته‌گری کوچکتر بود، در قالب نصب می‌شد، آن‌گاه قالب را می‌بستند. اینک بین قالب و ماهیچه را با موم پر می‌کردند؛ بدین‌ترتیب زمانی‌که ماهیچه از قالب بیرون آورده می‌شد، با لایه‌ای از موم پوشیده شده بود. هر نوع کاری که برای اصلاح قالب لازم بود، در این زمان بوسیلهٔ پیکره‌ساز روی موم انجام می‌گرفت. بدین‌ترتیب ماهیچه پوشیده شده از موم در غلافی که از گچ، آهن قراضه وگاهی قلع و سیمان (سده‌های هفدهم و هجدهم) ساخته شده بود، گذارده می‌شد. دو مجرا در این غلاف برای فرار هوا و خروج موم ایجاد می‌کردند، آن‌گاه آن‌را درکوره می‌گذاشتند. موم از طریق یکی از دو مجرا آهسته خارج می‌شد. فلز مذاب که جداگانه آماده شده بود، از طریق راهگاهها وارد قالب می‌شد، مفرغ جای موم را که «گم شده» است، می‌گیرد.

پس از اینکه قطعه سرد شد و غلاف بازگردید، قطعه را بیرون آورده روی آن کار می‌کردند. آن را حکاکی، اصلاح و به روشهای گوناگون زنگاری می‌کردند (زنگار کردن با روغن، با اسید، با ورنیها، با دودهٔ زغال). فلز را گاهی بوسیلهٔ جیوه یا فقط ورنی طلایی می‌ساختند.

روشن است که در مورد قطعات کوچک ریخته‌گری شده با مفرغ یا نقره، لزومی به ماهیچه گذاری

---

۱. Keller ژان ژاک ۱۶۳۵_۱۷۰۰ پیکره‌ساز فرانسوی دارای تبار سویسی، که بیشتر پیکره‌های مفرغی کاخ ورسای از او می‌باشد.

۲. Colleoni بارتولومئو ۱۴۰۰_۱۴۷۵ سردار ایتالیایی، فرمانده ارتش ونیز در سال ۱۴۵۴.

۳. F. Girardon ۱۶۲۸_۱۷۱۵ پیکره‌ساز فرانسوی.

نبود. مفرغ مذاب تمام حفره را که از موم پر شده بود، فرا می‌گرفت.

ریخته‌گری در ماسه: ریخته‌گری در ماسه برای قطعات هنری مفرغ از قدیم تا به امروز رواج دارد. در این رشته، کارگر از مدلهای گچی، قالبهای توخالی می‌سازد که آن‌هم از گچ است و «پوسته گمشده» نام دارد، از این قالب برای تهیهٔ مدلی که مشابه اصل باشد، استفاده می‌کنند. این قالب را در یک چارچوب آهنی قرار داده و بر بستری از ماسه می‌گذارند و با یک بار فشار، حفرهٔ اصلی بازسازی می‌شود. درون این قالب ماسه‌ای ماهیچه‌ای گذاشته شده است. فضای میان ماهیچه و دیوارهای قالب آزاد است و با مفرغ گداخته پر می‌شود. ماهیچه را در جای خود گذاشته، درجه‌ها را به‌هم محکم می‌کردند، راهگاه و آشغالگیر را آماده می‌ساختند تا مفرغ مذاب را در آن بریزند.

پیکره‌های بزرگ را در چند قسمت می‌ساختند، سپس آنها را به یکدیگر متصل می‌کردند. پس از بیرون آوردن پیکره از ماسه، کار حکاکی، زنگاری یا طلایی کردن مثل ریخته‌گری در موم گمشده انجام می‌گرفت.

هنرهای بافندگی

مواد اولیه و آماده‌سازی آنها: اصطلاح مواد بافندگی به همهٔ مواد لیفی که می‌توان آنها را ریسندگی کرد و بافت، اطلاق می‌شود. الیافی که در بافندگی به‌کار می‌روند، برحسب منشأ آنها به گروههای بزرگی رده‌بندی می‌شوند:

ـ الیاف گیاهی: گرفته شده از دانه‌ها (پنبه و کاپوک[۱])، از ساقه‌ها یا ریشه‌ها (کتان، چتایی، شاهدانه، گزنه)، از میوه‌ها (نارگیل).

ـ الیاف حیوانی: پشم، ابریشم، کشمیر (موی بز)، پشم شتر، پشم لاما، آلپاکا، گربه، خرگوش، موی اسب.

ـ الیاف معدنی و شیمیایی: باوجود این صنعت جدید کاربرد آنها را تعمیم داده‌است، اما با آن کاری نداریم. الیاف گیاهی و حیوانی تنها الیافی هستند که تا این اواخر در بافندگی به‌کار می‌رفتند. بزرک، شاهدانه و پشم از دوران باستان مورداستفاده بودند. مردمان غرب پرورش کرم ابریشم را از طریق اعراب در سده‌های ششم و هفتم فرا گرفتند.

نخکشی درگذشته با دست انجام می‌گرفت درحالی‌که اکنون لااقل در غرب با ماشین است. مثلاً وش‌کنی (استخراج الیاف پنبه از دانه‌های آن) درگذشته، دستی بود و امروز با ماشین جین

---

۱. Kapok واژه مالزیایی، درختی از تیره خیزرانها که از رشته‌های پوست رسیدهٔ آن، که در آب هم محکم و پر دوام است، الیاف مختلف به‌دست می‌آورند.

این کار صورت می‌گیرد. شاهدانه را خیس می‌کردند. تار ابریشم از پیلهٔ آن به‌دست می‌آمد، که کرم ابریشم پانزده روز در آن می‌زیست (پس از پانزده روز برای جلوگیری از تبدیل شفیره به پروانه و سوراخ کردن پیله، آن را می‌کشتند). پیله از مایع لزجی حاصل می‌شود که زمانی‌که کرم از برگهای درخت توت سیر شده است، آن را ترشح می‌کند. پس از اینکه کرم کشته شد، تارهای ابریشم را باید از پیله بازکرد. بزرگترین پیله‌ها می‌توانند ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر تار ابریشم ایجاد کنند.

الیاف گسسته (مانند پشم، مقابل الیاف پیوسته نظیر ابریشم) راکارد (شانه) می‌زدند، می‌رشتند و پیش از آنکه آنها را تحویل بافنده دهند، رنگ می‌کردند. چرخه (چرخ نخریسی) نخستین دستگاهی (خانگی یا حرفه‌ای) بود که در این‌رشته به میدان آمد. اولین چرخهای نخریسی به سدهٔ شانزدهم تعلق دارد. این چرخها جانشین توپی و دوک شدند. اختراعات گوناگون سدهٔ هجدهم، نوزدهم و بیستم کار ریسندگی را تقریباً سراسر ماشینی کرد. رنگهای قدیم از نوع طبیعی بودند و طی سالیان متمادی پایداری آنها ثابت شد.

بافندگی: بافندگی درهم تابیدن دو ردیف رشته‌های متمایز: تاروپود است. بافندگی برروی دار بافندگی انجام می‌گرفت. دارهای بافندگی گاهی ساده و زمانی بسیار پیچیده بودند.

عملیات مقدماتی برای بافندگی عبارت بودند از: کلاف‌کنی نخ، چله‌کشی ـ آرایش نخهای تار برروی غلتک بالایی ـ لعاب زنی نخها، که در مرحلهٔ اتمام کاری پارچه از بین می‌رفت.

در بافندگی بسیار ساده، مثلاً کرباس، در همتابی نخها بسیار ساده انجام می‌گیرد: نخ پود بتناوب از روی و از زیر نخ تار رد می‌شود. برای اینکه عبور نخ پود امکانپذیر باشد، نخهای تار روی غلتک بالایی به دوگروه زوج و فرد تقسیم شده‌اند. این نخها برروی دار بافندگی از حلقه‌هایی واقع در مرکز تارکشها (میلمیلک) گذشته‌اند. این میلمیلک از قطعات چوبی ساخته شده است که سیمهای فلزی یا الیاف کنف، آنها را از یکدیگر جدا می‌سازد. در بافت کرباس، دار بافندگی دو تارکش دارد.

بادامکی این تارکشها را متناوباً بالا و پایین می‌آورد، گاهی نخهای زوج وگاهی نخهای فرد را جدا می‌دارد و بدین طریق عبور ماسوره، که حامل نخ پود است، از میان تارها ممکن می‌شود.

چنانچه بافت پارچه‌ای پیچیده‌تر ازکرباس مطرح باشد، بدیهی است که باید شمار تارکشها را بیشترکنند. دستگاههای دارای بادامک فقط هشت تارکش می‌توانند داشته باشند، یعنی هشت ترکیب مختلف از نخهای تاروپود را می‌توانند ایجاد کنند. جولاه‌های قرون وسطی اهرمهایی به‌کار می‌بردند که با کشیدن ریسمانهایی که به حلقه‌هایی که این تارها از میان آنها می‌گذشتند وصل

بودند،نخهای تار را با دست جدا می‌کردند. دشواری و آهستگی این‌کار بروشنی قابل فهم است. پس از شروع سدهٔ هفدهم، رشتهٔ بافندگی در پرتو زحمات کلود دانگون[1] که مورد حمایت هانری چهارم و لافماس بود، رفته‌رفته و بویژه در لیون ماشینی شد. دانگون در تکمیل نوعی دار بافندگی توفیق یافت که کاربرد تعداد قابل توجهی نخهای تار را ممکن می‌ساخت. پس از وی، آقای فالکون[2] روشی را ابداع کرد که بوسیلهٔ مقواهای مشبک، نخهای تار انتخاب می‌شد. نخها که در سوزنهایی جمع شده بودند، تنها درصورتی از یکدیگر جدا می‌شدند که سوزنی که حامل آنهاست دربرابر یک سوراخ مقوا قرار گیرد. اختراع فالکون پایه‌ای برای «جبعهٔ انتخاب‌کننده» شد که در بالای دار بافندگی نصب می‌گردید و امکان استفاده از ۳۲ تارکش را ممکن می‌ساخت. براساس اختراعات ژاکار با استفاده ازکارهای دانگون و فالکون و بهره‌گیری از تحقیقات ووکانسون در آغاز سدهٔ پیش، دستگاهی بر پا شد که نام ژاکار را جاویدان ساخت. کار اصلی جداسازی نخهای تار باز هم با مقواهای مشبک انجام می‌گرفت، اما ترکیب این نخها از جنبهٔ نظری بی‌نهایت بود. دستگاه ژاکار هنوز هم فعال است. این دستگاه به‌طور قابل توجهی تکمیل شده و پایه‌ای برای تکمیل دستگاههای خودکار کنونی بوده است.

نخهای تار تنها مشکلات مهندسان نبودند: گذر نخهای پود، که روی ماسوره در ماکو پیچیده می‌شدند، در لحظهٔ جدا شدن نخهای تار از یکدیگر، می‌بایست به‌طور خودکار انجام گیرد. در دارهای معمولی گذر ماکو از چپ‌به‌راست و از راست‌به‌چپ، به کمک سیستمی به نام «ماکوران» انجام می‌گرفت. ماکوران تختهٔ افقی نازکی با یک چوب مضراب است. این سیستم را یک نوار چرمی که اهرمی آن را حرکت می‌دهد، فعال می‌سازد؛ خود اهرم بوسیلهٔ یک محور بادامکدار و نیز یک فنر عمل می‌کند. ماکوران افقی ـ شمشیرک ـ نیز به‌فرمان یک محور بادامکدار عمل می‌کرد. دار بافندگی دارای چندین ماکو انواعی از اجراهای پود را ممکن می‌ساخت، دارهای خودکار، تعویض ماسوره‌های خالی یا پر را بدون توقف کار امکانپذیر کرده است. بعضی از این دارها دارای ماکو نیستند، اما مجهز به قرقره‌هایی با مقدار کافی نخ می‌باشند.

به‌کمک دارهای بافندگی که شرح مختصر آنها در بالا آمد و تحول آنها در فصولی از مجلدهای بعدی، که ویژهٔ صنعت بافندگی هستند به تفصیل خواهد آمد، همهٔ اجراهای ممکن تاروپود عملی می‌شوند. پارچه‌هایی که با این دستگاهها تهیه می‌شوند، دارای چنان تنوع و زیبایی هستند که چشمان را خیره می‌سازد.

1. C. Dangon 2. Falcon

بافت: نوع تقاطع نخهای تاروپود هر پارچه را بافت آن می‌نامند. بافت را می‌توان به‌شکل یک رابطه تعریف کرد و این رابطه با نمودار بیان می‌شود، که آن‌را به‌کارت درآوردن یا طرح‌اندازی گویند. برای این کار از یک کاغذ شطرنجی استفاده می‌شود. خطهای افقی، نخهای پود و خطوط عمودی، نخهای تار را نشان می‌دهند و مربعها، تقاطعهای نخها می‌باشند. چنانچه نخ تار از روی نخ پود بگذرد مربع را رنگ می‌زنند، و اگر نخ تار از زیر نخ پود بگذرد، مربع بیرنگ می‌ماند و این ترتیب مربعهای ردیف اول در سراسر کارت تکرار می‌شود. ساده‌ترین رابطه، در بافت کرباس وجود دارد که شامل خانه‌هایی بتناوب رنگی و بیرنگ است. در رابطه‌های پیچیده‌تر، مربعها با رنگهای گوناگون رنگ زده می‌شوند. بافتها به انواع اساسی (کرباس، سرژه، ساتن) و فرعی تقسیم می‌شوند. کاملاً روشن است که به‌کارت درآوردن یک پارچه، نوع نخ را نشان نمی‌دهد و ممکن است دو پارچه با دو نمای کاملاً مختلف دارای یک بافت باشند.

گرچه به‌کارت درآوردن پارچه‌ها، اطلاع کافی از آنها به‌دست نمی‌دهد، اما بررسی آنها را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تسهیل می‌کند. پارچه‌های قدیم، با بررسی مختصر یا نادرست، بخوبی توصیف نشده‌اند، حتی هر مؤلف، اصطلاحات خاص خود را به‌کار گرفته است و مدلهایی از نوع تحلیلهای سبکی و تکنیکی پیشنهاد می‌کند.

پارچه‌های دستبافت: سوزن‌دوزی کاری است که با سوزن روی پارچه انجام می‌گیرد. سوزن‌دوزی انواع زیادی دارد. تکه‌دوزی عبارت است از «الصاق» پارچه یا ماده‌ای گرانبها (مروارید و ...) برروی پارچه. سوزن‌دوزی ماشینی در حال حاضر در مقیاس حرفه‌ای تولید می‌شود.

دانتل پارچهٔ ژورداری است که از ردیفی از چشمه‌ها تشکیل شده‌است. دانتل با سوزن، با دوکها برروی دار کوچک یا با قلاب تولید می‌شود. دانتلها، به‌معنای دقیق کلمه، پیش از دوران رنسانس وجود نداشتند، از جمله دانتلهای «دوکی» منطقهٔ فلاندر، دانتلهای سوزنی ایتالیا یا آلانسون (سدهٔ هفدهم) را می‌توان نام برد.

قالیبافت: هنر قالیبافت به‌معنای دقیق کلمه را با سوزن‌دوزی، که در سدهٔ گذشته بسیار رواج داشت، نباید اشتباه کرد. سوزن‌دوزی با سوزن و پشمهای رنگ شده یا ابریشم برروی کرباس انجام می‌گرفت. استحکام پارچهٔ قالیبافت سبب شده است که برای نشیمن صندلی به‌کار رود.

قالیبافت اصیل بیشتری برروی دار قالیبافی انجام می‌گیرد تا برروی کرباس. مادهٔ اولیهٔ آن پشم است، اما نخهای ابریشم در قالیبافتهای بسیار ظریف به‌کار می‌روند. نخهای طلا (عملاً نقرهٔ مذهب) و نخهای نقره گاهی با نخهای پود همراه می‌شوند و احساس خاصی بوجود می‌آورند.

پشم روی ماسوره پیچیده می‌شود و هر رنگ روی یک ماسوره است. اجرای طرح به فرمان یک رنگ خوان کارت پیش می‌رود. کارت با مقیاس تهیه شده است. ممکن است رنگها در روی کارت بازسازی نشده باشند، اما با شماره معین می‌گردند.

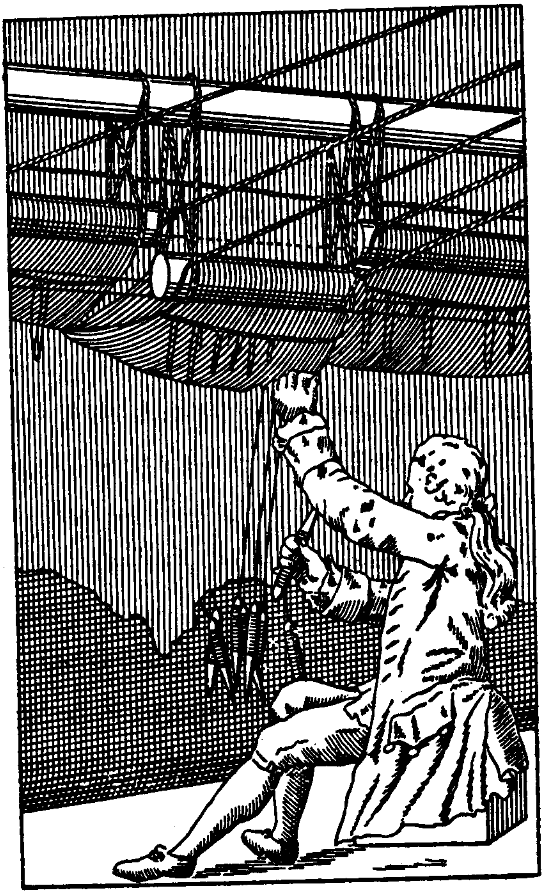
در سدهٔ سیزدهم در پاریس کارگاههای قالیبافت زیاد بودند، اما کارگاههای معتبر از سدهٔ چهاردهم به بعد تأسیس شدند. در قرون وسطی از رنگهای معدودی استفاده می‌شد. در اواخر سدهٔ هفدهم گوبلن‌سازها حدود ۱۲۰ نوع رنگ در اختیار داشتند، درحالی‌که در سدهٔ هجدهم بینهایت رنگ (۱۰۰۰۰ نوانس از سی رنگ) به‌کار می‌رفت. تولیدکنندگان جدید قالیبافتها به‌شیوهٔ استفاده از تعداد معدودی رنگهای روشن بازگشتند.

دارهای قالیبافت غالباً ایستاده و گاهی خوابیده یا افقی کارگذاشته می‌شد. هر دار دو غلتک یا تیر داشت که نخهای تار، هم فرد و هم زوج با آن دو کشیده می‌شدند. جدا کردن دو دستهٔ نخ تار با دست و به کمک نخها (میلمیلکها) در دارهای ایستاده، و با پا و به کمک پدالها در دارهای خوابیده یا افقی انجام می‌گرفت. بافندگی عبارت بود ازگذرانیدن ماسورهٔ حامل نخهای پود بین دو دسته نخهای تار با دست.

در کار با دارهای ایستاده کارت را در پشت‌سر قالیبافت قرار می‌دادند و کارگر از تصویر آن کارت در آینه روبه‌روی خود هدایت می‌شد. او توجه داشت که نخهای تار با مرکب سیاه نموده شده‌اند. کارگر قالیبافت که به مدل خود در آینه خیره شده بود کار خود را معکوس انجام می‌داد، کارت را از سمت راست عمل می‌کرد.

کارگر قالیبافت با تارکش پایی (خوابیده)، نشسته کار می‌کرد. کارت قبلاً قیچی‌شده و در زیر نخهای تارگذاشته شده بود؛ بنابراین به‌طور معکوس اجرا می‌شد. در سدهٔ هجدهم این اندیشه قدرت گرفت که به‌جای کارت یک کاغذ مومی گذاشته شود که طرح را طوری معکوس می‌نماید که بتوان آن‌را از سمت راست بازسازی کرد. در همین زمان ژاک ووکانسون نوعی دار قپانی طرح کرد که مزایای هر دو نوع دار ایستاده و خوابیده را با خود داشت.

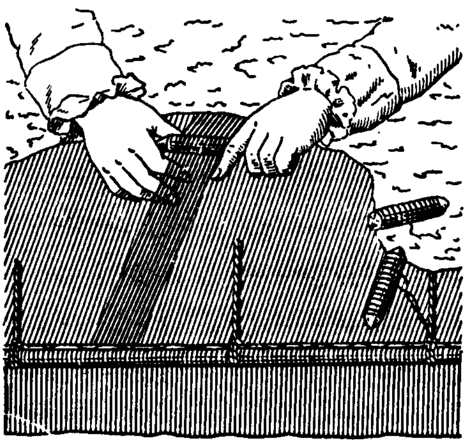
برای هر رنگ یک ماسوره درنظرگرفته شده بود که به ردیف در عقب دار آویزان بودند، و به‌هنگام نیاز در جریان کار پیش کشیده می‌شدند. شانه برای فشرده‌شدن بافت در جریان کار مورداستفاده قرار می‌گرفت. تنها پس از اینکه قالیبافت تمام می‌شد، کار دوخت درزهای بین تکه‌های رنگی انجام می‌گرفت. در قالیبافتهای بسیار فشرده خوابیده پس از اینکه بافت به پایان می‌رسید، لبه‌ها دوخته می‌شد.



شکل ۲۹۱.کارکردن با دار ایستاده (انسیکلوپدی).

قالی: تقسیم‌بندی قالیها براساس وسیلهٔ بافت آنها پایه‌گذاری شده است. از این لحاظ قالیها به دودسته، قالیهای دستبافت و قالیهای ماشینی تقسیم می‌شوند.

روشن است که قالیهای دستبافت بسیار قدیمی هستند. این قالیها برروی دارهای ایستاده یا خوابیده‌ای بافته می‌شوند که شبیه دارهای قالیبافت همراه با غلتکها و نخهای تار (پنبه‌ای، پشمی و کتانی) است که باز مانند قالیبافتها، بوسیلهٔ یک میلهٔ شیشه‌ای در دو دسته تقسیم شده‌اند. پشمها با رنگهای مختلف برروی ماسوره‌ها آماده و یا با طول دلخواه بریده شده‌اند. کارگر قالیباف که دربرابر نخهای تار نشسته است، از طرف راست کار را شروع می‌کند، او نخهای پشمی (پود) را روی نخ



شکل ۲۹۲.کارکردن با دار افقی (انسیکلوپدی).

تار می‌گذارد و سپس آن را گره می‌زند و قطع می‌کند؛ این ساده‌ترین طرز بافت قالی است. در گره ترکی تکه‌های نخ از روی دو تار گذشته و گره زده می‌شود، اما در گره فارسی (گره‌سنا) هر پود بین دوتار، یک گره دارد. پس از پایان هر ردیف افقی گره‌ها، کارگر قالیباف یک نخ پود را میان دو ردیف نخهای تار دوانیده و جمله را با شانهٔ خود فشرده می‌سازد.

در مورد قالیهای کارخانهٔ ساونری[1] که نمونه‌های اولیهٔ آن در سدهٔ هفدهم به‌بازار آمد و انواع قلابی آن باید گفت که «ته‌های پشم را پس از هر گره قطع نمی‌کردند. پشم را پس از گره زنی روی نوعی میله‌گرد می‌پیچانیدند. در نوک این میله‌گرد تیغ بسیار تیزی بود که کارگر آن را به‌طور افقی در برابر نخهای تار نگاه می‌داشت. پس از اجرای چند گره، کارگر میلهٔ آهنی را از چپ به راست بیرون می‌کشید. این کار سبب می‌شد که حلقه‌های اطراف میله بریده گردند و تعداد زیادی شرابه یا منگوله ایجاد شود (ف. ویندل)[2]. در موارد دیگر، همین‌که گره بسته می‌شد، نخها را قیچی می‌کردند.

قالیهای ماشینی برروی دستگاههایی بافته می‌شوند که شباهت بیشتری به دارهای بافندگی دارند تا قالیبافی. این ماشینها مانند دستگاههای بافندگی دارای تیغه‌هایی (تارکش) هستند که نخ تار را برمی‌گزینند. روش ژاکار نیز صنعت قالیبافی را با خودکار و منتظم‌سازی کاربرد کارتهای

۱. Savonnerie کارخانهٔ قالیبافی فرانسه که در سال ۱۶۰۴ تأسیس شد. این کارخانه در سال ۱۶۲۷ به محوطهٔ یک کارخانه صابون‌سازی در شایو انتقال یافت.

2. F. Windels

سوراخدار، متحول ساخت. اخیرترین دستگاههای ماشینی این صنعت نوع دارای گره فارسی و ماشینهای ساخت قالیهای شبه دستبافت است.

عاج و گوهرها

عاج: حتی در کوتاهترین بررسیها هم نمی‌توان لااقل از اشارهٔ مختصری به صنعت تراش عاج، صنعتی که در گذر سده‌ها شاهکارهای بی‌بدیلی آفریده است، مضایقه کرد. غالباً عاج فیل مورد بحث است، اما از عاج اسب آبی، کرگدن دریایی و شیرماهی نیز استفاده می‌شود. در اشیاء کم‌بهاتر هم گاهی شاخ تراشیده را برای تقلید از عاج به‌کار می‌برند. عاجهای آفریقا در جهان باستان و قرون وسطی تحفه‌های بسیار گرانبهایی به‌شمار می‌آمدند. در سدهٔ دوازدهم آلمانیها از استخوان شیرماهی خیلی استفاده می‌کردند.

اره کردن دندانهای جلویی فیل با دست انجام می‌گرفت، کاری که‌اینک با ارهٔ ماشینی است. بخشهای مختلف یک دندان فیل، بسته به‌شکل آن، به‌طور جداگانه برحسب کاربردی که از آن درنظر دارند، بریده می‌شوند. آن‌گاه عاج را با ابزار یا دستگاه تراش برای ایجاد شکل دلخواه: مجسمه و غیره، می‌تراشند. ورقه‌های استخوان را با اره‌های مویی می‌برند.

گوهرها: سنگهای سخت، اجسام معدنی متبلوری هستند و بنابراین دارای سطوح صاف و یال می‌باشند.

چگالی گوهرها از حدود ۲/۵ (عقیق) تا حدود ۳/۵ (الماس) تغییر می‌کند، سختی آنها با «مقیاس موس» سنجیده می‌شود که از سخت‌ترین به نرمترین یکدیگر را خراش می‌دهند. الماس را فقط الماس دیگر می‌تواند بخراشد و ضریب سختی آن در مقیاس موس ۱۰ می‌باشد، درحالی‌که سختی تلق، یک است.

گوهرها برای جلا و درخشندگی (الماس) یا رنگ: قرمز (لعل و یاقوت)، آبی (یاقوت آبی و لاجورد)، سبز (زمرد، مرمر سبز)، زرد (زبرجد)، کبود (لعل کبود) مورد توجه قرار می‌گیرند.

تراش: تراش این سنگها و پرداخت آنها آزمودگی فراوان می‌طلبد. تراش گوهرها با استفاده از دو خصیصهٔ سنگهای سخت ممکن می‌گردد. تبلور که سبب می‌شود هر نوع سنگ دارای یک شکل هندسی خاصی باشد (مثلاً شکل هشت وجهی یا چهار وجهی برای الماس)، و ساییده شدن یک سنگ بوسیلهٔ سنگ دیگر؛ الماس تنها گوهری است که همهٔ سنگهای دیگر را می‌ساید و خط می‌اندازد.

چنانچه مثلاً تراش بلور الماس موردنظر باشد، دقیقترین قسمت این کار عبارت است از اینکه تراشنده بهترین «خط رخ» بلور را انتخاب و از آنجا شروع کند. بلورها به علت خودِ تبلور، به شکافته شدن در طول صفحات دارای کمترین مقاومت (یا رخ) گرایش دارند. صفحه را برمی‌گزینند، گوهر را با سیمان آلومینی برروی پایه‌ای ثابت می‌کنند. با الماس تراشیده‌ای آن را تمیز می‌سازند و بالاخره با قطعه دیگری از الماس که بر چرخ الماس‌بری قرار دارد، در آن چاکی ایجاد می‌کنند. در این هنگام ضربهٔ خشکی که با وسیلهٔ مخصوصی برروی چکش وارد می‌شود، تکهٔ آن را جدا می‌سازد.

ساده‌ترین راه تراش، که بسیار ابتدایی است، تراش ساده و بدون سطوح درخشنده است که صرفاً تا سدهٔ پانزدهم رسم بود. تراش «با ایجاد سطوح» عاقلانه‌تر و زیباتر بود و شامل تراش گل رزی (هرمی با قاعدهٔ مسطح) و تراش برلیانی (که هشت وجهی الماس را به ۱۶ بخش تقسیم می‌کند) بود. تراشکار در این نوع تراش، بخشهای ۶/۱۶ را برمی‌دارد تا به‌اصطلاح «میز»ی ـ سطح صاف گوهر ـ پدید آید. این «میز» با تاجی دارای سطوح با ارتفاع ۲/۱۶ احاطه می‌شود. بقیهٔ ۵/۱۶ تشکیل نوعی پاویون (چادرگرد) را می‌دهد که در نوک آن «کولاسی» قرار دارد و بخشهای ۳/۱۶ آخری را حذف می‌کنند.

تعداد وجوه متغیر است. تراش نوین گرایشی به کاهش اهمیت «میز» بنفع سطوح احاطه‌کنندهٔ تاج دارد، اما ارقام اصلی عملاً ثابت می‌مانند.

پرداخت وجوه مختلف بوسیلهٔ نوعی چرخ پرداخت مفرغی که با گرد الماس پوشیده شده است، انجام می‌گیرد. در مورد گوهرهای دیگر نیز، پرداخت با چرخ انجام می‌گیرد. کارگاههای قدیمی عموماً در کنار رودخانه‌ها تأسیس می‌شدند، تا از جریان آب به عنوان نیروی حرکت دهنده برای گردانیدن چرخ استفاده کنند.

سنگهای گرانبها را در جواهرسازی برروی نگین‌دانهایی از فلزات قیمتی می‌نشاندند. نگین‌دانهای قدیم، جواهر را کاملاً در خود می‌گرفتند و استفاده از قلاب برای نگهداری سنگ در سده‌های چهاردهم و پانزدهم رسم شد.

وزن جواهرات با قیراط تعیین می‌شود، که هر قیراط برابر ۲۰۰ میلی‌گرم است.

کتاب‌شناسی

کتاب‌شناسی کامل تکنیکهای ویژهٔ هنرهای تزیینی شامل بیشتر کتابهای تاریخ تکنیکهایی می‌شود که در این فصل شرح داده شده‌اند و یا دربارهٔ روش ساخت آنها سخن رفته است، بنابراین اشاراتی

که در زیر می‌شود، شمارش مختصری از آنهاست.

از میان کتابهای عمومی این‌رشته، در مرحلهٔ نخست باید از کتاب کشیش تئوفیلوس با عنوان: *Schedula deversarum artium* نام برد که هنرهای تزیینی قرون وسطی را بخوبی شرح می‌دهد. برای اطلاع از هنرهای تزیینی سده‌های هفدهم و هجدهم کتاب آقای Havard در چهار جلد با عنوان *Dictionnaire de l'ameublement* محتوی اطلاعات ذیقیمتی است، اما در این‌رشته، کتاب اساسی همان مجموعهٔ انسیکلوپدی است که ۵۵ جلد است و در سالهای ۱۷۵۱ـ۱۷۶۰ بوسیلهٔ دیدرو و دالامبر تهیه شده است و بعضی تابلوهای این کتاب از آن مجموعه گرفته شده است. اثر جاویدان امیل مولینیه با عنوان: *Histoire des Arts appliqués a l'lndustrie*، گرچه در این فصل کمتر مورد استفاده قرار گرفته است، اما بسیار ذیقیمت است.

در تعدادی از مجموعه‌های ویژهٔ یک موضوع، با فصول جالبی از صنعت برمی‌خوریم. از جملهٔ این مجموعه‌ها می‌توان از: *Bibliotheque des merveilles* نام برد که کتاب بسیار عالی امیل مولینیه را دربارهٔ میناکاری، سال ۱۸۹۱ نشر داده است؛ و نیز مجموعهٔ: *Arts, styles et techniques* از لاروس است که فصلی از M. Aubert در مورد ویترای، و J. Barrelet دربارهٔ شیشه‌گری و G. Fontaine راجع به معرق در آن وجود دارد.

از میان کارهای قدیم نیز می‌توان از کتاب: هنر درودگری از Roubo سال ۱۸۷۲ و هنر نقاشی تذهیبی و جلا دهنده از Watin سال ۱۸۷۴ نام برد. رسالهٔ نبونوتو چلینی برای علاقه‌مندان به تاریخ زرگری و مفرغ کتاب پرارزشی است، و نیز آثار کیپریانو پیکو لپاسو ۱۵۲۴ـ۱۵۷۹ برای علاقه‌مندان به تاریخ معرق جالب است.

کتاب‌شناسی

Une bibliographie complète des techniques propres aux Arts Décoratifs devrait mentionne la plupart des ouvrages relatifs à *l'histoire* de telle ou telle technique dont les auteurs se son appliqués à décrire ici ou là les procédés de fabrication. Les notations que nous donnons ci-dessou ne peuvent donc être que sommaires.

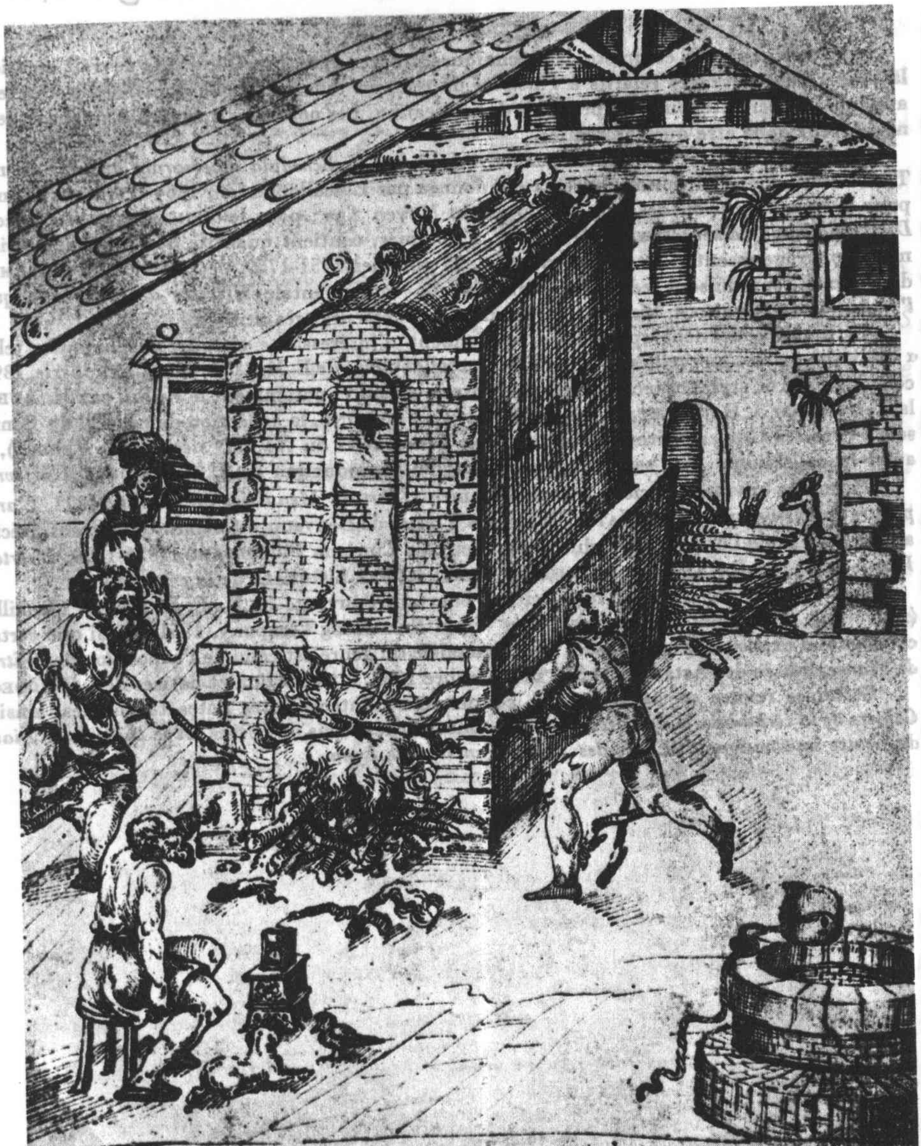
Parmi les ouvrages d'ensemble, nous retiendrons la *Schedula diversarum artium*, du moin THÉOPHILE, dont l'édition française a été donnée par Lescalloppier en 1864 et qui est essentiell pour la compréhension des arts appliqués du Moyen Age ; pour le XVII^e et le XVIII^e siècle l *Dictionnaire de l'ameublement*, d'HAVARD, 4 volumes, contient quantité de notations précieuse mais l'ouvrage essentiel est *L'Encyclopédie*, 55 volumes 1751-1760, de DIDEROT et d'ALEMBER dont nous reproduisons certaines planches. La monumentale *Histoire des Arts appliqués* *l'Industrie* de MOLINIER, bien que rarement citée, demeure très utilisée.

Certaines collections spécialisées contiennent d'intéressants chapitres techniques, telle l « Bibliothèque des merveilles » qui a publié l'excellent livre de E. MOLINIER sur l'*Emaillerie*, 1891, l collection « Arts, styles et techniques » (Larousse), consulter notamment le *Vitrail* par M. AUBERT la *Verrerie* par J. BARRELET, la *Céramique* par G. FONTAINE, la collection de « L'Œil du Connais seur » (Presses Universitaires de France) (voir *Les meubles du XVIII^e siècle* de P. VERLET), voi aussi la collection « Que sais-je ? » qui a publié l'introduction de L. LANEL sur *L'orfèvrerie*

Parmi les ouvrages anciens, citons également *L'art du Menuisier* de ROUBO, 1872, *L'art du peintre doreur-vernisseur* de WATIN, 1874 ; les *Traités* de Benvenuto CELLINI demeurent précieux aux historiens de l'orfèvrerie et du bronze, ceux de Cipriano PICCOLPANO, 1524-1579, *L'Arte de Vasàio* édité par RACKHEM et VAN DE PUT en 1934, aux historiens de la céramique.

Les ouvrages récents sont rares, citons pourtant l'ouvrage de K. F. BATES sur l'émailleri (*Enameling, Principles and Practice*, The World Publishing Company, 1951), ainsi que certain catalogues d'expositions spécialisées dont le modèle du genre est celui de l'exposition des *Vitraux de France*, musée des Arts Décoratifs, mai-octobre 1953, introduction et notices de L. GRODECKI

Certaines revues spécialisées enfin contiennent d'intéressantes notes techniques, ainsi le *Cahiers de la céramique et des Arts du Feu* publiés par les Amis de Sèvres, et le *Bulletin de Liaison du Centre international d'Etude des Textiles anciens de Lyon*.



تابلوی ۴۱. کورهٔ سفالپزی (سدهٔ شانزدهم، از پیکو لپاسو).



تابلوی ۴۲. مینای کلوازونهٔ بیزانسی (مدال دیمیتریوس، پشت و روی، سدهٔ دهم ـ یازدهم).



تابلوی ۴۳. میله‌کاریهای دربهای طلا، در نانسی (کاخ استانیسلاس، سدهٔ هجدهم).

۲۴

چاپ، مبانی و مراحل نخستین

آن تحول فنی که صنعت چاپ را به آستانهٔ عصر ماشین رسانید، بین دو دورهٔ بسیار فعال جای دارد، که هر دوره از لحاظ افزایش فوق‌العاده نیاز جهان غرب به کارهای گرافیکی ممتاز هستند. اختراع چاپ، مانند هر اختراع دیگر، زمانی انجام گرفت که به آن نیاز شدیدی احساس می‌شد، و نه اینکه امکانات آن فراهم شده بود: چاپ حروفی می‌توانست در همان زمان که الفبا در جهان مدیترانه‌ای انتشار یافته بود اختراع شود، اما این کار تا سدهٔ پانزدهم به تأخیر افتاد، زیرا در این دوران بود که تحولات اومانیستی چنین اختراعی را لازم داشت. و نیز در برآمدن عصر ماشینیسم در این سدهٔ روشنگریها که مردم هر آنچه را به علم مربوط می‌شد، با علاقهٔ تمام دنبال می‌کردند، اختراع امکانات فنی برای نگاهداری و تکثیر بی‌درنگ عناصر اولیهٔ کتاب نیاز مبرمی بود. سرانجام می‌توان گفت که دربرابر دید مکانیستی، که در سده‌های پیشین تا حدی مورد نفرت بود و اکنون در پرتو واقعیات درنظر گروهی از فرهیختگان سرچشمه انبوهی از دلخوشیها شده بود، افقهای گسترده‌ای باز شد.

این دو دورهٔ قوی ازنظر اهمیت سرمایه عبارتند از سدهٔ پیش از اومانیستی پانزدهم و سدهٔ پیش

از مکانیستی هجدهم. در مورد سده‌های بین این دو دوره می‌توان پذیرفت که آنها تنها فرصتی برای کمال‌یافتن تکنیکهای ساده‌ای بودند که در پیشه‌ها رواج داشتند و نیز تنها فرصتی برای جهت دادن این تکنیکها به‌سوی کارهای عظیم زمان معاصر بود.

می‌توان در دو کلمه گفت که در سدهٔ پانزدهم عصر کتاب تحکیم یافت و سدهٔ هجدهم دیباچهٔ عصر مطبوعات بوده است.

برای اینکه همهٔ این تحولات بهتر فهمیده شوند، باید مسأله را در کل آن مورد بحث قرار دهیم. محققاً ما مدت زیادی در مورد مکانیسم تکنیک اختراع چاپ حروفی بحث نخواهیم کرد و خوانندگان خود را برای اطلاع از جزئیات امر به کتابها و مجلات گوناگون ارجاع خواهیم داد.

دست‌نویس یا کتاب تخصصی: واژهٔ دست‌نویس گرچه به‌معنای لغوی «قطعه‌ای که با دست نوشته شده است»، می‌باشد اما بی‌درنگ شاهکارهای قرون وسطایی را به‌خاطر متبادر می‌سازد، شاهکارهایی که غنای اساسی کتابخانه‌های ما می‌باشند. تاریخ دست‌نویس یکی از عجیبترین سرگذشتهای تمدن غرب است: عالی بودن جلدها و نقاشیها، همت، دانش و هنر تهیه‌کنندگان آنها، شاهکارهای واقعی به‌بار آورده‌اند. باید توجه داشت که ریشه‌های اساسی این جنبش سترگ در شوق فراوان، احساسات و ایمانی برای پیشبرد مسیحیت نهفته بود.

دست‌نویس قرون وسطایی برخلاف نوع بی‌زرق و برق آن در جهان باستان، پر تجمل و به‌طور شگفت‌انگیزی تکمیل شده است. دست‌نویسهای قرون وسطایی، اعتقاد مؤمنان را، با زبانی زیبا، گرچه هنوز نارسا، اما دارای غنایی درحد بیان کودکان و هنرمندان اولیه، به بازگشت مسیح منتظر تشویق می‌کرد. مسیحی قرون وسطی در هنری سه شاخه کاملاً محبوس بود، که سه شاخه آن عبارت بودند از: موزیک که جوّی مذهبی و تا حدی هم جادویی ایجاد می‌کرد؛ ایجاد صور خیال بوسیلهٔ ویترای و پیکره‌های موجود در کلیساهای جامع که مردم با دیدن آنها، تاریخ عقیدهٔ خود را فرا می‌گرفتند؛ مینیاتورهای دست‌نویسهای کتاب دعای کشیشان.

تخیل سرکش هنرمند درگذشته هرگز به چنین اوجی دست نیافته بود. این تخیل که حضور همیشگی انجیل و بویژه بخش مکاشفهٔ (اپوکالیپس)[۱] آن را حدت بخشیده بود، آثار شگفت‌انگیزی مانند: مکاشفهٔ سن سور[۲] متعلق به سدهٔ یازدهم را به‌وجود آورد، که به گفتهٔ امیل مال[۳]، یک جباریت واقعی را بر تخیل اعمال می‌کند.

---

۱. Apocalypse آخرین کتاب عهد جدید، که نوشتهٔ یوحنا در زندان بوده است.

۲. Saint-Sever ناحیه‌ای در مو در مارسان فرانسه، درکنار رودخانه آدور.

۳. Emile-Mâle ۱۸۶۲ـ۱۹۵۴ نویسندهٔ فرانسوی تاریخ هنر.

لیکن بتدریج که این هیاهوی عجیب فرو نشست و تفکر انسان به‌سوی واقعیات روزمرهٔ جهان گرایش یافت، نوعی ادبیات عرفی متولد می‌شود که از هنر بیانی دست‌نویسهای مذهبی بهره می‌گیرد. اینک در سدهٔ سیزدهم، با آثاری به زبان عامه دربارهٔ تاریخهای شوالیه‌ها، آوازهای دوره‌گردان، داستانهای مستهجن نظیر رمان دورنار[1] و لنسلودولاک[2] مواجه می‌شویم.

در سدهٔ چهاردهم و ابتدای سدهٔ پانزدهم کتابهای متعددی نوشته شدند که بعدها بوسیلهٔ چاپخانه در نسخه‌های بسیار انتشار یافتند، از جمله: *Traité des propriétés des choses; la Cité de Dieu; les Grandes Chroniques de France* و نیز کتاب فاخر *Livres d'Heures* این کتابها همچون کتابهای پیشین از لحاظ کار صحافی و غنای تزیین ممتاز هستند. در گذشته، در سدهٔ چهارم، جروم قدیس[3] «کتابهای پارشمنی قرمز رنگ با خطوط طلا و نقره را، که بیشتر می‌توان آنها را شاهکار هنری خواند تا کتاب» محکوم کرده بود.

برای تسبیح خداوند، مینیاتوریستهای قرون وسطی همهٔ استعدادهای زینت‌بخشی خود را به‌کار گرفته بودند. اما رونوشت‌برداران آنها سر از خط آنان نپیچیدند و در دیرها و معابدی که تعداد آنها روزافزون بود عاشقانه می‌کوشیدند تا در نگاشته‌ها و آثار خود چنان کمالی از خط و موزون بدون دست نشان دهند که چاپگران نخستین برای اینکه بتوانند بدون رنج و تمرین بسیار، مادهٔ اولیه کار ـ حرف ـ خود را به‌دست آورند، خط آنان را رونوشت کردند و چاره‌ای هم جز این نداشتند.

با این‌همه شکی در این نیست که حرف یا علامت، چه با باسمه‌زدن و چه با مهر زدن، مدتها بود که به چاپهای کوچک خدمت می‌کرد. این روشها از زمان پیش از تاریخ برای «نمایاندن» اشیاء، حیوانات و حتی برده‌ها به‌کار می‌رفتند. تقابل دو مادهٔ اولیه‌ای که در تکنیکهای چاپ به‌کار می‌رفت: چوب، که معمولاً برای باسمه‌کاری مورداستفاده بود و فلز، که علاوه‌بر موارد فوق، برای استقرار «مهرها» به‌کار می‌رفت، یعنی قطعاتی که قسمتهایی از آنها خالی شده بود، برای اینکه با مرکب مالی، علامتی را روی کاغذ بگذارد.

ما همچنین نمونه‌هایی از مفرغهای قالبگیری شده داریم که کوزه‌گران رومی برای مشخص ساختن کارهای خود از آن استفاده می‌کردند: این نمونه‌ها متنی را به‌طور برجسته و معکوس نشان می‌دهند که در گل نرم کوزه‌های آنها «چاپ» می‌شدند و بدین‌ترتیب نوعی نقش چاپ فلزی کاملاً ممتاز را داشته‌اند.

1. Roman de Renart 2. Lancelot du lac 3. St. Jerome

چاپ باسمه‌ای

نخستین تظاهر تکنیکهای چاپ

باسمه‌های چوبی خط سیاه: بررسی نخستین تظاهرات چاپ باسمه‌ای، بدون اطلاع ازکوششهایی که در این زمینه در خاور دور از همان سدهٔ اول میلادی به‌عمل آمده است، ممکن نیست. چینیها در همهٔ زمینه‌های مربوط به هنرهای چاپ دستی پیشگام بوده‌اند؛ بنابراین اگر از همان آغاز کار در متون ادبی آنها، که بسیار ظریف و شاعرانه هستند، به‌دنبال یافت ردپای کارهای آنها در زمینهٔ چاپ دستی باشیم، بدرستی عمل کرده‌ایم. تعداد زیادی نویسندهٔ امریکایی برای یافتن پاسخ این پرسش مهم با علاقه زیاد تلاش کرده‌اند: گرچه نتیجه‌گیریهای آنها محتاطانه است، اما چند واقعیت مشخص از تحقیقات آنها تراوش می‌کند.

قبل از هرچیز چنین می‌نماید که در سدهٔ سوم میلادی، تکنسین‌های این کشور همهٔ عناصر لازم برای اختراع چاپ باسمه‌ای را در دسترس داشته‌اند؛

کاغذ، که به‌نظر دکتر لوفر[1]، از پیش با خمیری از زوائد ابریشم خام و پارچهٔ ابریشم در چین ساخته می‌شد.

مرکب، که در آن زمان از مواد گیاهی مخلوط با دودهٔ ناشی از عرقگیری چوب کاج تهیه می‌شد. مخلوط را با نوعی چسب و چند مادهٔ معطر می‌جوشاندند.

تکنیک که برای چاپ باسمه‌ای به‌شکل نوعی «چاپ سنگی گود» بسیار خاص در اختیار آنها بود. در بعضی محلهای زیارتی، متون و شمائل را روی استوانه‌ها در جهت خواندن حک کرده بودند، تا زائران از آنها بهره گیرند. آنها می‌توانستند با گذاردن یک برگ کاغذ بر روی این کنده‌کاریها و فشار آوردن بدان، متن را به‌طور برجسته بر روی کاغذ برگردانند، آن‌گاه سطح کاغذ را مرکب می‌مالیدند، به‌طوری‌که زمانی‌که کاغذ خشک، و از روی استونه برداشته می‌شد، قسمتهایی از آن که درون حکاکیها فرو رفته بود، سفید می‌ماند که در زمینهٔ سیاه قابل خواندن بود.

بادر اختیار داشتن این سه مادهٔ لازم: کاغذ، مرکب و وسیلهٔ کار، هنوز برای اینکه اختراع چاپ بتواند کارآمد گردد، یک چیزکم بود و آن: متون اجتماعی بود، یعنی علاقهٔ شدید به یک متن عمومی که اختراع یک وسیلهٔ تکثیر را طلب کند. در متون نوشته شدهٔ سده‌های ششم و هفتم، آثار مبهمی از آزمایشهای مربوط به چاپ باسمه‌ای به‌چشم می‌خورد، اما گویا نیاز به اختراع دستگاه چاپ تا سده‌های هفتم و هشتم شدید نبود. به‌هر تقدیر در سده‌های هشتم و نهم تعداد زیادی شمایل حکاکی شده، غالباً همراه با ادعیه انتشار یافتند و این تکنیک در سال ۷۷۰ از چین به ژاپن انتقال یافت.

1. Laufer

وانگهی ما اطمینان داریم که در ۸۳۵ با همان وسیله، سالنامه‌هایی به چاپ رسیده است: فرمانی که از همین زمان در دست است، به‌توقف چاپ آنها حکم داده است. در مورد کار تکثیر کتابها باید گفت که از امکانات وسیعی که چاپ باسمه‌ای ایجاد کرده بود، بی‌درنگ بهره گرفتند. آقای دکتر کارتر[1] می‌پندارد که نخستین کتابی که چاپ شده است *Diamond Soutra* (کتاب الماس) بود که در سال ۸۶۸ چاپ شد. با این‌همه آثاری در دست است که کتابهای دیگری نیز در همین ایام به چاپ رسیده‌اند.

چاپ باسمه‌ای در غرب: ببینیم که رازهای مربوط به چاپ چگونه به غرب رسید؟ این دو قاره دور از هم را دو راه زمینی و دریایی به یکدیگر مربوط می‌ساخت. می‌توان فرض کرد که در انتقال چاپ باسمه‌ای از یکی از این دو راه استفاده شده است. قطب بازرگانی بسیار مهم آسیای غربی، در دورانهای گذشته، بازار سمرقند بود و آندره بلوم[2] اظهار می‌دارد که کاغذ چین احتمالاً از سدهٔ هفتم بدین شهر وارد و فروخته می‌شد. کاربرد کاغذ از این شهر در سراسر آسیای قدیم انتشار یافت. بقیهٔ راه، لااقل از لحاظ کاغذ، از طریق دریا پشت‌سر گذاشته شد؛ بوسیلهٔ کرانه‌نوردی بازرگانی تا اسپانیا، و نیز با جنگ صلیبی هفتم، کسانی‌که مدتها در سوریه زندانی بودند، راز کاغذسازی را به ایتالیا و در نیمهٔ سدهٔ سیزدهم به فرانسه آوردند.

راز چاپ باسمه‌ای، احتمالاً از راه زمین وارد غرب شده است، زیرا کار چاپ با چوبهای کنده‌کاری شده در مصر و ایران، حدود سدهٔ دهم تذکر داده شده‌اند. با این‌همه این امکان هم وجود دارد که در اثر فشار گستردهٔ نیاز، چاپ باسمه‌ای مستقلاً در غرب، که از مدتها پیش با کار روی چوب آشنا بود، اختراع شده باشد.

شمایل مقدس و باسمه‌های خط سیاه: ما دیدیم که برای نویسندگانی از روی متون، دبیرخانه‌هایی تأسیس شد و رونوشتهای فاخری از روی کتابهای مذهبی برای کسانی‌که حریص در فراگرفتن علوم اسرارآمیز بودند، برداشته شد. اما کلیسا که اندیشهٔ تکمیل اعتقاد تودهٔ مردم به انجیل را در سر داشت، تصمیم گرفت در این راه از آموزش مردم بوسیلهٔ فرقه‌های مذهبی، بویژه فرقه‌های فقرا[3] سود جوید. همیشه، از نخستین مواعظ در غرب، این هدف به چشم می‌خورد که در دل تودهٔ مردم که به کیشهای قدیمی خود، آنیمیسم[4] (= عقیده به اینکه کلیهٔ اشیاء موجود در عالم دارای شعور

1. Carter 2. A. Blum

۳. mendiant در کلیسای کاتولیک رومی، هر یک از چهار فرقهٔ آوگوستینیوسی، دومینیکیان، فرانسیسیان و کرملیان هستند که جملگی در اوایل و اواسط سدهٔ سیزدهم پدید آمدند، و در آغاز از طریق صدقه امرار معاش می‌کردند و به شعار: الفقر فخری تظاهر می‌کردند، اما بعدها ثروتهای کلان اندوختند.

4. Animisme

و مقداری شخصیتند) و بت‌پرستی دل بسته‌اند، هرچه بیشتر راه یابند. تودهٔ مردم که احساساتی و خیالپرور بودند، طیف گسترده‌ای را دربر گرفتند که از تودهٔ یهود، که بدانان مذهب جدیدی که دراساس اخلاقی بود، اعطا شده بود، بسیار فاصله می‌گرفتند. این تودهٔ عوام نیازمند صورتی ذهنی بودند تا بیشتر به خالق روی آورند. دیدن شخصیتهای انجیل روی درهای ورودی و ویتراهای کلیساها و کلیساهای جامع یک مسأله بود، اما فهم معنی اخلاقی موجود در آن چیز دیگری بود.

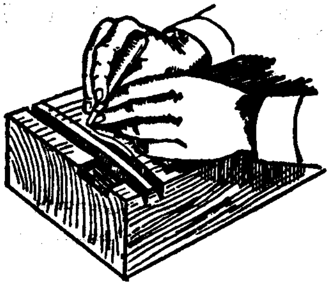
این نوع اخلاق‌گرای ساختن مردم، سرشار از ایمان اما فاقد سواد، تنها براساس تصویر، آن‌هم تصویرهای رنگی همراه با متون کوتاه یا ادعیه امکانپذیر بود. بدین‌منظور «انجیلهای فقرا» تهیه شد که حاوی کتابچه‌هایی از چهره‌های مقدس، همراه با کمی شرح بود. همهٔ این کارها در کارگاههای چهره‌پردازی طرح و اجرا می‌گردید؛ چهره‌ها را رنگی ساخته و شرح مختصری با دست زیر آن می‌نوشتند.

در چنین زمانی‌بود که تکنیک نوزاد چاپ باسمه‌ای چوبی با خطوط سیاه پدید آمد. این اختراع کمک بزرگی برای چهره‌پردازان بود. ما دربارهٔ کارهای جزیی با این چاپ درگذشته، بویژه مهرزنی روی سنگها و باسمه‌کاری در روی پارچه‌ها حرفی نخواهیم زد، زیرا نخستین جنبه‌ای در این مورد که ما به آن چشم داریم: وجود خصلت تکثیر سیستماتیک یک نقش تکراری در نسخه‌های زیاد است، و چنین خصلتی تنها در نیمهٔ دوم سدهٔ چهاردهم پدید آمد. امکان دارد، آن طور که غالباً می‌گویند، نخستین تظاهرات این تکنیک جدید، تقلید و تقلب در چهره‌های نقاشی شده با دست باشد؛ زیرا نسخه‌های چاپی نیز به‌بهای نسخه‌های اصلی خریده می‌شدند. لیکن پیشرفت این تکنیک وابسته به این کار نبود و مدت کوتاهی نگذشت که صنف «قالب‌تراشان» جزیی از خانوادهٔ بزرگ کارکنان کارهای گرافیکی شد.

شاخهٔ دیگری از این صنعت نیز رشد یافت، و آن صنعت تولید ورقهای بازی بود. در این رشته می‌بایست قطعات چوب را به‌شکل باسمه کنده کاری کنند و از آنها برای تکثیر صورتها و خالهای ورق سود جویند. شهر لیون در این صنعت شهرتی به هم زد مثلاً بایگانیهای آن در شماره ۱۴۴۴ ازکسی با نام ژان دوبوا[1] نام می‌برد که در این شهر به‌عنوان «قالبتراش ورقها» امرار معاش می‌کرد.

چاپ چوبی و چاپ فلزی: باسمه‌های چوبی خط سیاه دارای این مشخصه هستند که حکاک درون چوب یا فلز را کنده‌کاری می‌کند و قسمت سفید را برمی‌دارد و بر روی سطح چوب یا فلز تنها قسمتهایی باقی می‌مانند که با مرکب اندود می‌شوند. بنابراین کار چاپ با مرکب مالی قسمتهای برجسته انجام می‌گیرد (شکل ۲۹۳).

1. Jean du Boys

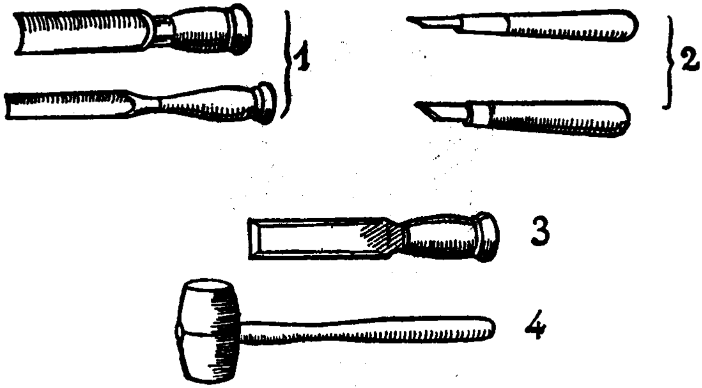




شکل ۲۹۳.حالت دستها در عمل کنده‌کاری باسمه‌های چوبی با خط سیاه.

چاپ چوبی که نوعی باسمه‌کاری با خطوط سیاه در مقطع طولی چوب بود، سبب می‌شد که با هزینهٔ کمی چهره‌های مقدس را تاحد رفع نیازی که تودهٔ مردم برای آموختن و نیز حفظ تاریخ دین خود لازم داشتند، تکثیر کنند (۲۹۴).

برای همین منظور از چاپ فلزی، یعنی باسمه فلزی با خطوط سیاه نیز استفاده می‌شد. چوب در واقع برای باسمه‌کاری، معایب چندی داشت، زیرا نسبت به رطوبت و تغییرات دمای محیط حساس بود. وانگهی درگذر زمان پوسیده می‌شد در نتیجه، تکثیر متعدد با آن ممکن نبود. چند کتاب وجود دارد که گراوورهای آنها بر روی صفحه‌ای از مس ایجاد شده‌اند. این کتابها عموماً متعلق به نیمهٔ نخست سدهٔ شانزدهم می‌باشند. منظرهٔ چهره‌ها با آنچه که با صفحات چوبی تهیه شده است، کمی تفاوت دارد. جنس صفحه محکم و سخت است و یک چاقوی معمولی نمی‌تواند روی آن زیاد کار کند. گویا با مغار (قلم دم‌گرد) آن را کنده‌کاری کرده‌اند و برای اینکه همهٔ صفحه کنده‌کاری نشود، حکاک گاهی از قلمهای فولادی استفاده کرده است. این قلمها دارای نقطه‌ها، ستاره‌ها و نیز علایم دیگری به‌طور برجسته با خود هستند که در کارهای ردیفی، ایجاد یکنواختی می‌کردند. این روش به‌اصطلاح «منقوط» بزودی از رواج افتاد، زیرا به اثر، حالتی سرد و بی‌روح



شکل ۲۹۴.ابزار کنده‌کاری چوب در مقطع طولی: ۱، مغار؛ ۲، قلمتراش؛ ۳، اسکنه؛ ۴، کوبه.



شکل ۲۹۵.حمل صلیب، حکاکی در چوب (پایان سدهٔ چهاردهم).



شکل ۲۹۶. «انجیل فقرا»، حکاکی در چوب (کتابخانهٔ ملی پاریس).



شکل ۲۹۷.حک‌کاری منقوط بر روی فلز.

می‌داد، درحالی‌که در چاپهای چوبی اثر، بسیار با روح نشان داده می‌شد (شکل ۲۹۷).

سالها در زیر نقش باسمه‌ای که بدین‌ترتیب تهیه می‌شد، بویژه در «انجیل فقرا» متن مربوطه را هم با دست می‌نوشتند و این کار تا حدی اهمیت داشت. از این زمان به بعد، بخاطر صرفه‌جویی در وقت، همین متن را حکاک در زیر صحنه کنده‌کاری می‌کرد. در همین زمان باسمه‌ای که «پروتات»[1] نامیده می‌شود، و می‌گویند مربوط به حدود سال ۱۳۸۰ می‌باشد (تاریخی که زیاد مورد اعتماد نیست)، طوماری را ارائه می‌دارد. سن کریستف در سال ۱۴۲۳ دو سطر از متن را در زیر شکل داشت، و حال‌آنکه سن‌سباستیان در سال ۱۴۳۷ سیزده خط از آن را در زیر شکل به ما ارائه می‌دارد.

بدین‌ترتیب باسمه‌تراشان با آهستگی به کپی‌کردن مقدار روزافزونی از مندرجات دست‌نویسهای فاخر گرایش یافتند و بدین‌ترتیب آن زمان‌که بتوانند همهٔ صفحات یک کتابچه را به باسمه درآورند، نزدیک می‌شد (شکل ۲۹۶).

تکثیر ورقها و کتابچه‌های کوچک مصور، بنحو زیر انجام می‌شد: سطح چوب را با لیقه‌ای

1. Protat

چرمی که به مرکب آغشته شده بود، مرکب مالی می‌کردند، یک برگ کاغذ را که پشت آن مرطوب شده بود، بر روی قسمت مرکبی شدهٔ چوب قرار می‌دادند، آن‌گاه با بالشتکی روی کاغذ فشار وارد می‌ساختند تا مرکب چوب به کاغذ بچسبد.

اما این روش سبب چاپ واقعاً برجسته‌ای می‌شد، بدین معنی که برجستگی کنده‌کاری عمیقاً در برگ کاغذ مرطوب تأثیر می‌کرد و در پشت صفحه خود را نشان می‌داد. برای اینکه تنها یکسوی کاغذ نقش‌پذیرد، این برگ کاغذ مشتمل بر دو صفحه را تا زده و به برگهای قبلی و صفحات بعدی از طریق لبه متصل می‌ساختند و کتابچه‌ای با صفحات پیاپی ایجاد می‌کردند. مردمان خاور دور از این‌روش برای چاپ بر روی کاغذهای بسیار نازک و شفاف خود نیز استفاده می‌کردند.

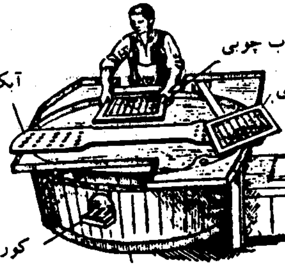
مواد خام

کاملاً یقین داریم که در اروپای غربی، مانند خاور دور درگذشته، می‌بایست شرایطی ایجاد شده باشد تا چاپ باسمه‌ای بدون مانعی بتواند پیشرفت کند. این «شرایط اجتماعی» و نیز عناصر اصلی تکنیکی آن یعنی روشهای کنده‌کاری با خطوط سیاه همان‌طورکه در گذشته دیدیم فراهم شده بود؛ تنها دو عنصر دیگر یعنی کاغذ و مرکب باقی می‌ماند.

کاغذ: گویا از آغاز تاریخ میلادی، در خاور دور به ساختن خمیر کاغذ براساس زوائد ابریشم، خام یا عمل آمده و پوست درخت، که درخت توت بدون‌شک یکی از آنها بود، می‌پرداختند. اما می‌گویند که شخصی با نام تسای لوئن، وزیر کشاورزی امپراطور هوتن بود که در سدهٔ دوم میلادی در اندیشهٔ ساختن طنابهای قدیمی و تورهای ماهیگیری، متوجه شد که الیاف کنفی آنها را اگر مدت زیادی بجوشانند خمیری به‌دست می‌آید که برای کاغذسازی مناسب است. این آغاز تکنیکی بود که جهان چاپ را دگرگون ساخت. شایان تذکر است که نسج ورقهای کاغذ مستلزم وجود الیافی در مراحل اولیهٔ تهیه است. همهٔ مواد زنده، چه گیاهی و چه حیوانی که الیاف آنها پس از نابودی زندگی عملی باقی می‌ماند می‌توانند در تهیهٔ خمیر کاغذ به‌کار روند.

در همان زمانهای اولیه، کاغذسازان خاوردور به‌جای آخال کنف از پوست نهالها استفاده می‌کردند. پوست این درختان را شسته، تراشیده و خرد می‌کردند تا با روشهایی که تا سدهٔ نوزدهم دست نخورده باقی ماندند، به خمیر تبدیل کنند.

گویا در اواسط سدهٔ هشتم بود که راز ساخت کاغذ به اطراف اروپا سرایت کرد، این امر یا از راه صحرای ترکستان و یا از جادهٔ سمرقند انجام گرفت. در سدهٔ دوازدهم بازرگانان جنوایی و ونیزی که با



شکل ۲۹۸.کارگر قالب فلزی مشبک را در طشت فرو می‌برد.

اعراب دادوستد داشتند، از سفرهای خود کاغذ تازه‌ای را برای نوشتن با خود آوردند؛ این کاغذ گرچه شکننده بود، اما برای نوشتن اسناد به‌طور موقت مناسب بود با این‌همه در اواسط سدهٔ سیزدهم بود که راز واقعی این صنعت به اروپای غربی رسید.

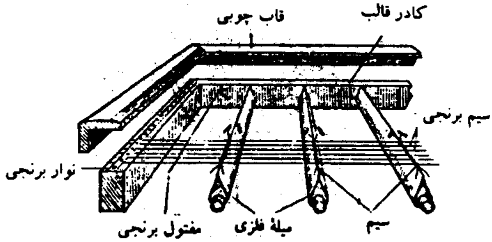
مادهٔ اصلی این صنعت در غرب «خمیر پارچه‌های ژنده»، چه کرباسی، چه کنف و کتانی بود. کمبود این مواد تا مدتها گرانی کاغذ را سبب شده بود درحالی‌که بازار کتاب رونق داشت. نتیجهٔ چنین اوضاعی دست شستن از کهنه پاره‌ها بود و کارخانه‌های کاغذسازی با استفاده از تغییر مواد به توسعهٔ خود دست زدند و بهای کاغذ نیز پایین آمد. بدین‌ترتیب «آسیاهای کاغذسازی» در دره‌هایی که دارای آبهای بسیار خالص و عاری از نمکهای کلسیم بودند، و یا در نزدیکی و احتمالاً مجاور مراکز مهم چاپ تأسیس گردیدند. بدین‌علت بود که در پاریس، آسیاهای کاغذسازی در نواحی سن کلود[1]، اسون[2] و تروا و در لیون در اوورنی، بوژوله و دوفینه متمرکز بودند.

کاغذسازی، مانند امروز در دو مرحله انجام می‌گرفت:

۱. تهیهٔ خمیر کاغذ ـ پس از ژنده‌سازی پارچه‌ها، مدتی آنها را به‌حال خود می‌گذاردند تا بپوسند. سپس آنها را در طشتهایی با تخماقهایی که سر آنها میخدار است، می‌زدند تا نخ‌نخ شوند. این تخماقها دراثر جریان آب عمل می‌کردند. خمیری که به‌دست می‌آمد شسته می‌شد و در دسته‌های کم‌ضخامتی تحت فشار قرار می‌گرفت تا برای مرحلهٔ دوم علمیات آماده باشد.

۲. تهیهٔ ورق کاغذ ـ خمیر کاغذ را در حالت تعلیق در طشتهای پرآب بزرگی نگاه می‌داشتند. قالب فلزی و مشبک را در همان طشت فرو برده و بسرعت بیرون می‌کشیدند و تکان می‌دادند. لایهٔ نازکی از خمیر با این قالب بیرون می‌آمد (شکل ۲۹۸). ورق کاغذی را که بدین‌ترتیب ساخته می‌شد، بر نمدی قرار می‌دادند. تعدادی از این ورقها روی هم نهاده می‌شدند (اکنون هر ستون

1. Saint-Cloud 2. Essonnes

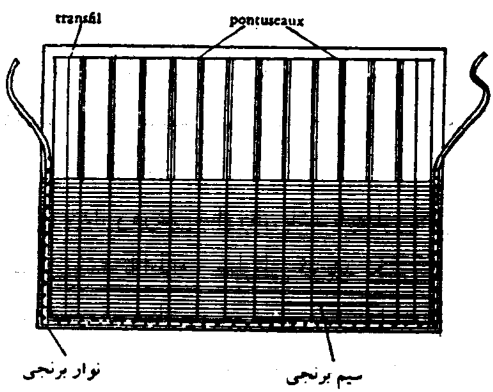


شکل ۲۹۹.جزئیات ساختمانی یک قالب.

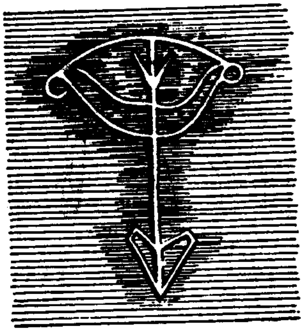
ورق شامل ۱۰۰ برگ است)، با دستگاه پرس بسیار قوی که به‌توسط یک دستگاه دوار قوی عمل می‌کرد، ستون ورقها را تحت فشار قرار می‌دادند تا آب آن بیرون رود. ورقها را سپس آویزان نگاه می‌داشتند تا بوسیلهٔ یک دستگاه خشک‌کن هوایی که معمولاً در بالای سالن اصلی کار گذاشته می‌شد، کاملاً خشک گردند.

ما دو منظرهٔ اجمالی از ساختمان یک قالب را نمایش داده‌ایم (شکلهای ۲۹۹، ۳۰۰): یک کادر مستطیلی شکل که در جهت طولی خود با شبکهٔ بسیار تنگی از سیمهای برنجی مجهز است، بوسیلهٔ میله‌های فلزی موازی و با فاصله زیادتر با یکدیگر مربوط می‌شوند. یک قاب چوبی لبه‌های قالب را در لحظهٔ فروکردن در طشت می‌پوشاند، این امر سبب می‌شود که مقدار آب و خمیر کاغذ زیادتری در قالب جای گیرد. زمانی‌که یک برگ کاغذ را دربرابر نور می‌گرفتند، آثار شبکهٔ سیمی در آن دیده می‌شد.

در سدهٔ هجدهم برای حذف شبکهٔ تنگ سیمهای برنجی کوششهایی انجام گرفت، زیرا آثار آن



شکل ۳۰۰.ساختمان یک قالب.



شکل ۳۰۱.ته نقش کاغذ (سدهٔ چهاردهم).

بر روی کاغذ مانعی در راه کار چاپ بود. حدود سال ۱۷۵۰ آقای جان باسکرویل[1]، چاپخانه‌دار انگلیسی این اندیشه را پیش آورد که به‌جای شبکهٔ برنجی، از یک بافت بسیار ظریف فلزی استفاده شود. کاغذی که با این روش تولید شد، پوستی (Vellum) خوانده می‌شد؛ زیرا تا حدودی به کاغذهای زیبای پوست آهوی زمانهای قدیم شباهت داشت.

ته‌نقش زنی: چندی نگذشت که کاغذسازی کاغذهای خود را بوسیلهٔ سیمهای برنجی داخل قالب نقش انداختند و شکلی بسیار کنایه‌ای یا حروفی (شکل ۳۰۱) را به‌طور روشن در متن آن ایجاد کردند. در فرانسه، این کار نخست در تروا انجام شد. این نقشها که نخست علامت کارخانه بود، بتدریج نشان‌دهنده فورمات و قطع کاغذ هم شد؛ زیرا هر کارخانه که همیشه از یک قالب (فورم) استفاده می‌کرد، تنها در قطع یا فورمات آن قالب، کاغذ می‌ساخت.

مرکب: مشکل مرکب چاپ، چنانکه می‌نماید، ساده نیست. این ماده با مرکب دست‌نویسی تفاوت بسیار دارد، زیرا می‌بایست بر سطح اثر بچسبد و پخش نشود. مرکبی که یونانیها و رومیها برای نوشتن به‌کار می‌بردند، عبارت بود از دودهٔ زغال، چسب و آب. در سدهٔ دوازدهم آن را با سولفات‌آهن، مازو، صمغ و آب می‌ساختند. اما این مرکبها بخوبی به سطوح برجستهٔ حروف چاپ نمی‌چسبیدند و یافتن مادهٔ دیگری برای این کار الزام‌آور شد.

مرکب می‌بایست تاحدی پایدار و درعین‌حال روان باشد تا به‌طور یکنواخت روی سطح کنده‌کاری چوب پخش شود، و غلیظ نیز باشد تا اطراف خطوطی که باید تکثیر کند جریان نیابد؛ بنابراین برای ساختن آن از دودهٔ چراغ (برای رنگ سیاه براق) و نوعی چسب استفاده کردند و این مخلوط را در زهره گاو ورز می‌دادند. این ترکیب برای چاپ چوبی مناسب بود، زیرا نفوذ آن در چوب زیاد نبود.

1. J. Baskerville

اما زمانی‌که سطوح فلزی و صفحات چاپی را می‌خواستند مرکب بزنند، معلوم شد که این مرکب بر روی فلز که ناتراوا است، روان می‌شود بنابراین مرکبی با روغن بیشتر مورد نیاز واقع شد.

مادهٔ جدید که سیاه و درخشان هم بود، از دودهٔ چراغ، سقز (تربانتین) و مخلوطی از روغن ـ احتمالاً گردو ـ که در اثر پختن قوام روغن جلا را می‌یافت، تشکیل می‌شد. در سدهٔ هفدهم کشور هلند هم در زمینهٔ هنر چاپ و هم تولید مرکب، چنان تفوقی بر دیگران یافت که آقای سوبله نوایه[1]، سرپرست ساختمانهای لویی سیزدهم از آقای براسه[2] سفیر فرانسه در هلند خواست که چند چاپچی و حروفچین کارآزموده از آنجا به فرانسه بفرستد و یکی از آنها در کار ساختن مرکب چاپ استاد باشد.

در سدهٔ هجدهم چاپخانه‌ها به‌طور معمول دو نوع مرکب سیاه می‌ساختند، که یکی در هواهای گرم بسیار پایدار و دیگری در زمستان بسیار روان بود. این دو نوع مرکب را هم درصورت نیاز برای بعضی موارد با یکدیگر مخلوط می‌کردند.

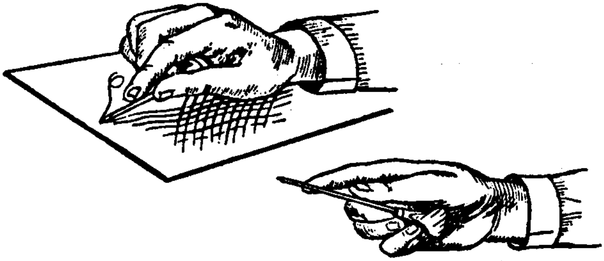
در اواخر همین سده، مرکبهای بسیار مشهور عبارت بود از: ایبارا[3] (اسپانیا)، بودونی[4] (پارما)، و نیز مرکبهای دانشگاه کمبریج بود که در سال ۱۷۰۰، فرانسه در مقابل صدور مقداری حروف یونانی، معروف به «یونانی شاه» به انگلستان، مقداری مرکب کمبریج وارد کرد.

تا آغاز سدهٔ نوزدهم هر چاپخانه، مرکب مورد نیاز خود را می‌ساخت. باید توجه داشت که تولید آن مستلزم مقداری به‌اصطلاح «فوت کاسه‌گری» و ظرافت بود. در سال ۱۸۱۸ بود که آقای پیر لوریلو[5]، کشیش در پاریس نخستین کارخانهٔ مرکب‌سازی را تأسیس کرد.

حکاکی کم‌عمق

پس از اینکه باسمه‌های چوبی خط سیاه، در سدهٔ چهاردهم در چاپخانه‌ها برای تکثیر تصاویر و متون به خدمت گرفته شد، روش تازه‌ای از گراوورسازی در اواسط سدهٔ پانزدهم در اروپای غربی رواج یافت. در این روش از تکنیک کاملاً متمایزی از پیشین استفاده می‌شد و آن: گراوور روی فلز با خطوط گود، یا کنده‌کاری بسیار کم‌عمق صفحهٔ مس بود. در این روش طرح را بر روی صفحه‌ای از مس با عمق بسیار کم اجرا می‌کردند (شکلهای ۳۰۲ و ۳۰۳)، سپس صفحه را مرکب می‌مالیدند، با پارچه‌ای صفحهٔ مرکبی را تمیز می‌ساختند، آنگاه کاغذ را برروی صفحه فشار می‌دادند تا با مرکبی در عمق خطوط مانده است، تماس یابد و طرح برروی کاغذ برگردد.

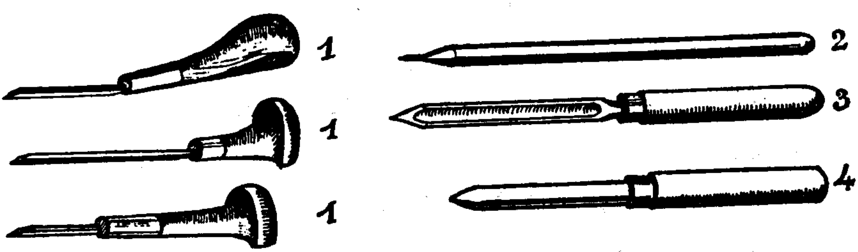
1. Sublet de Noyers 2. Brasset 3. Ibarra 4. Bodoni 5. P. Lorilleux



شکل ۳۰۲.حالت قرارگرفتن دست درکنده‌کاری کم‌عمق.

معمولاً حکاکی کم‌عمق را نوعی سیاقلم به‌شمار می‌آورند. در سیاقلم نقشهایی را بر صفحه‌ای از نقره حک می‌کنند و در خطوط حک‌شده، لعاب سیاهی را می‌ریزند. برای اینکه معلوم شود که کار حکاکی در هر زمان تا چه اندازه پیش رفته است، می‌باید خطوط کنده‌شده را با دودهٔ چراغ یا مرکب پر کنیم و با کاغذی که روی آن می‌گذاریم و برمی‌داریم، مثلاً از وضع باخبر شویم. در برلن مهرهایی از این نوع وجود دارند که ساختهٔ سال ۱۴۴۶ می‌باشند و صحنهٔ شلاق‌خوردن مسیح را نشان می‌دهند. با این‌همه مدتها گمان می‌کردند که مخترع روش حکاکی کم‌عمق شخصی به نام مازو فینیگوررا[1] زرگر و سیاقلمزن ـ بوده است که برای نخستین بار (سال ۱۴۵۲ یا ۱۴۶۰) در فلورانس بدین‌کار دست یازیده است. کتابخانهٔ ملی پاریس دارای نسخه غیرمستقیمی از «تاجگذاری عذرا» می‌باشد که گویا بوسیله فینیگوررا حکاکی شده است و لوحهٔ آن در بارجلو واقع در فلورانس نگاهداری می‌شود.

این نمونه‌ها دارای نتایج بزرگی، بویژه ازنظر زیباشناسی بودند. در واقع، رنسانس با عنایت به



شکل ۳۰۳.ابزارهای لازم برای کنده‌کاری کم‌عمق:
۱، انواع قلم؛ ۲، سوزن حکاکی؛ ۳، شابر؛ ۴؛ سوهان نرم.

1. Maso Finiguerra

هر آنچه که تا آن زمان از عناصر فرهنگی کلیسا بودند، تنها به کتابخانه‌های بی‌شماری که تقریباً در همه‌جا تأسیس می‌شدند، نیاز نداشت، بلکه ضرورتهای دیگر نیز در رابطه با کارهای هنری ایجاد کرد، سیستم زیباشناسی خود را تعیین کرد. این کارهای هنری در پرتو دید «کمال جوی» پیکرسازان و بویژه نقاشان رنسانس، به‌طور روزافزونی فراوان و از جنبهٔ فنی تکمیل شدند.

هنر رنسانس، که استقلال یافته بود، جهان را مشحون از کارهای فراوان خود کرد و قید بندگی گذشته را به‌کناری نهاد، و به «شاهکارهای» با موضوعات انسانی توجه یافت. این هنر که برخلاف هنر قرون وسطی، دیگر «هنر ایمان» نبود بلکه «هنر برای انسان» بود، بدون وجود روشهای مقابله، مقایسه و قضاوت فهمیده نمی‌شد. برای این کار باید بتوان کارهای استادان را به‌طور بسیار دقیق تکثیر کرد و در معرض افکار مردم که تشنهٔ شناخت آنها هستند گذاشت، و حتی گاهی احساس مالکیت آنها را به تعدادی دوستدار روشنفکر آنها تلقین کرد.

برای اینکه بدین نتیجه برسیم، روش باسمه چوبی با خط سیاه بسیار ابتدایی بود و نمی‌توانست ظرائف کارها، بویژه نقاشیها را منعکس سازد. اما حکاکی کم‌عمق با کمک انواع قلمهای برندهٔ خود، ظریفترین خطوط را بازسازی می‌کرد. بدین‌ترتیب همه کارهای هنری، از ساده‌ترین تا مشکلترین خطوط می‌توانستند با یک رنگ، به‌طور کاملاً مطمئن بازسازی شوند و مراجعه به نمونهٔ دلخواه ممکن می‌شد. وانگهی، برخلاف باسمه‌های چوبی خط سیاه که در روی کاغذ فقط لایهٔ نازک و یکنواختی را می‌گسترانید، چاپ کم‌عمق به‌علت عمقهای متفاوتش ایجاد مناطق با مقادیر متفاوت مرکب می‌کرد و به کاغذ چاپ شده ردیفی از شدت رنگ را می‌بخشید که از خطوط نازکی که در اثر یک خراش ساده روی فلز ایجاد شده بودند تا جرمهای غلیظی از مرکب که به کنده‌کاریهای عمیق مربوط می‌شدند، گسترده بود.

موفقیت این روش بسیار بود و هر توقعی را برآورده می‌ساخت، زیرا در محدوده تنگ و کمی خشک قبلی نمی‌گنجید. استادان نقاشی ـ بیشتر آنها در هر مورد ـ برای بیان و حتی نمایش نبوغ خود در رشتهٔ گراوور، مستقیماً از آن استفاده می‌کردند: بوتیچلی[۱]، آندرئا[۲]، مانتنیا[۳]، شونگاور[۴]، دوره (که تهیه‌کنندهٔ نخستین گراوور با اسیدنیتریک است)، کالو[۵]، وان‌دیک[۶] و بویژه رامبران که هنر

۱. Sandro Botticelli نقاش فلورانسی در عصر رنسانس ۱۴۴۴ـ۱۵۱۰.

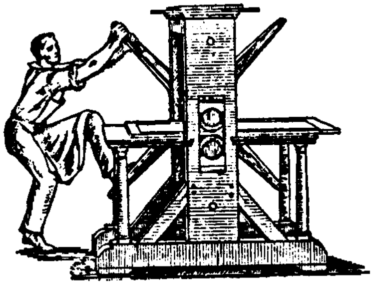
۲. Andrea del Sarto ۱۴۸۶ـ۱۵۳۱ نقاش فلورانسی.

۳. Andrea Mantegna نقاش و گراوورساز ایتالیا ۱۴۳۱ـ۱۵۰۶.

۴. Martin Schongauer ۱۴۵۰ـ۱۴۹۱ نقاش و گراوورساز آلزاسی.

۵. Jacqae Callot ۱۵۹۲ـ۱۶۳۵ گراوورساز و قلمزن فرانسوی.

۶. Antoine Van Dyck ۱۵۹۹ـ۱۶۴۱ نقاش فلاماندی.



شکل ۳۰۴.پرس حکاکی کم‌عمق (آنسیکلوپدی).

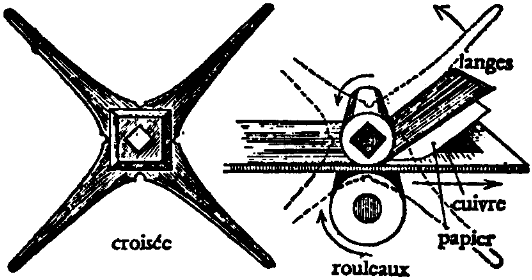
کلیشه‌های اسیدنیتریکی را به اوج رسانید و مضمون آن را تغییر داد، از این گروه می‌باشند.

این تکنیک در سده‌های هفدهم و هجدهم ابزار مورد علاقهٔ چهره‌پردازان بسیار بزرگ و نیز تعداد زیادی استادان کهتر مناظر روستایی بود، و فارغ از هر رقیبی تا آغاز سدهٔ نوزدهم، عصری که روشهای دیگری را به‌نمایش گذاشت، سلطنت می‌کرد، در سدهٔ نوزدهم کنده‌کاری چوب در طول بود، نه در عرض، یعنی قلم حکاکی را عمود بر الیاف چوب می‌گرفتند و این کار سبب شد که روی بعضی چوبهای بسیار فشرده و سخت، طرحهای بسیار ظریفی بازسازی شود.

در سده‌های نوزدهم و بیستم میز عکاسی به همین منظور به‌تکثیر سریع و مقابله کارهای هنری پرداخت، یعنی بررسی و مقابله ساختارهای زیباشناختی بسیار دور از هم را از راه تصویر ممکن ساخت.

دستگاه پرس برای حکاکی کم‌عمق: پرس مخصوص حکاکی کم‌عمق بسیار ساده‌تر از آن پرسهای چاپ است، که بعداً ماآن را مورد بررسی قرارمی‌دهیم: تنها مسأله این است که صفحهٔ مسین حکاکی‌شده که یک برگ کاغذ مرطوب بر روی آن است، زیر فشار زیادی قرار گیرد. در این پرس بین دو جفت تیر که بوسیلهٔ شمعهایی محکم نگاهداشته شده‌اند دو قرقرهٔ چوبی بزرگ، میزی را که صفحهٔ حکاکی‌شده و برگ کاغذ روی آن قرار دارند و هر دو بوسیلهٔ قنداقی پارچه‌ای حفظ می‌شوند، زیر فشار شدید قرار می‌دهند. کاغذ و صفحهٔ مسی که در بین دو قرقره قرار دارند و با کمک وسیله‌ای که در گذشته آن را چلیپا و امروز چرخک نامیده می‌شود، صفحهٔ مسی را با فشار بین میز (که قرقره پایینی آن را نگاه می‌دارد) و قرقره بالایی به پیش می‌رانند (شکلهای ۳۰۴ و ۳۰۵). بدین‌ترتیب برگ کاغذ، مرکب را از خراشهای صفحه بخود می‌گیرد.

برای چرخانیدن چلیپا نیروی زیادی به‌کار می‌رفت، و نیز وضع کارگر پرسکار، در همهٔ تصاویری که دستگاه را در حال کار نشان می‌دهند، چه در تصویر آبراهام بوس، سال ۱۶۴۲ و چه در



شکل ۳۰۵.جزئیات پرس حکاکی کم‌عمق.

آنسیکلوپدی دیدرو، جالب است: دو پای او با فاصلهٔ زیادی از یکدیگر قرار دارند و با دو دست خود پره بالایی (پرهٔ مقابل او) چرخک را گرفته است درحالی‌که یک پای او بر روی پره پایینی فشار می‌آورد. بدین‌طریق او میز را به پیش می‌راند تا اینکه بتواند با دو دست خود پره را بگیرد. پره به‌توسط حرکت دورانی چرخک به او نزدیک می‌شود (شکل ۳۰۴).

روشهای گوناگون حکاکی کم‌عمق: تکنیک حکاکی روی فلز چنان نرمشی در کار ایجاد کرد که روشهای بسیار گوناگونی برای نمایش قابلیتهای آن به‌کار رفته است.

طبیعیترین و نخستین روش که آن را حکاکی با قلم می‌نامند، به‌شکل زیر انجام می‌گیرد: شکلی را که باید تکثیر شود بر روی صفحهٔ مسی، فولادی یا برنجی که بدقت پرداخت شده است، نقاشی می‌کنند. صفحه را با قلم یا ابزارهای نوک‌تیز دیگری حک می‌کنند و صفحه بوسیله کف دست جلو می‌رود و در فلز ردیفهایی از خطوط موازی حک می‌کنند، سپس خطوطی عمود یا اریب بر خطوط قبلی رسم می‌کنند تا آنها را قطع کنند. عمق خطوط حک‌شده، عرض، موقع و ظرافت آنها، بازسازی هرگونه طرح را امکانپذیر می‌ساخت.

در روش دوم از حکاکی، بیشتر از اسید استفاده می‌شود تا قلمهای حکاکی. صفحهٔ مسین را با لعاب گرمی که اسید آن را نمی‌خورد، می‌پوشانند. صفحه‌ای که باید بازسازی شود با سوزنها، قلمهای فولادی، چرخهای کوچک و قلم تیزاب‌کاری رسم می‌شود، صفحهٔ فلزی را سپس در اسیدنیتریک قرار می‌دهند. زمانی‌که خطوط ظریف به‌نظر به‌اندازه کافی خورده شد، صفحه را می‌شویند و خطوط با مادهٔ قیری یا لاک محافظی پوشیده می‌شود. استحمام اسیدی آنقدر تکرار می‌شود تا کار حکاکی کامل شود.

روش حکاکی با لعاب نرم نوعی حکاکی با اسیدنیتریک بود؛ این ماده بسیار چسبنده بود و بر نوک قلمها یا ابزارهایی که بر روی صفحه نقاشی را می‌کشیدند، می‌چسبید و خطوط نامنظمی

از حکاکی ایجاد می‌کرد.

گراوورسازی با اسیدنیتریک امکانات گوناگونی به‌وجود آورد. برای نخستین بار در تاریخ حکاکی، کار «دستی» به یک مادهٔ شیمیایی، اسید، احاله شد. صدها سال باید می‌گذشت تا این امکانات به‌وجود آیند، اما در سدهٔ نوزدهم که عکاسی اختراع شد، انتقال آسان و مستقیم هر تصویر روی صفحهٔ فلزی عملی گردید. این روش حکاکی اسیدی ایجاد کلیشه‌های برجسته را ممکن ساخت.

از سویی دیگر باید درنظر داشت که این روش برتری دیگری هم بر حکاکی با قلم دارد: خطوط را روانتر و پیوسته‌تر ایجاد می‌کند، زیرا این خطوط نه با قلم حکاکی، بلکه با ابزارهایی رسم می‌شوند که وظیفهٔ آنها حکاکی درون لعاب است نه فلز. این روش حتی کنده‌کاری منطقه بزرگی را هم ممکن می‌سازد و با به‌کار بردن اسید با فرچه به‌طور مستقیم می‌توان آثار رنگ شسته (لاوی) را به‌وجود آورد. در این‌مورد سطوحی را که بدین‌ترتیب اسیدکشی شده‌اند باید با قلم به‌شکل بریدگیهای بسیار نازکی هاشور مانند بیرون آورد، زیرا مرکب روی سطوح لیز روان می‌شود. به همین دلیل است که گراوورهای کارشده تنها با اسید بسیار کم هستند: معمولاً حکاکی با اسید را با دیگر ابزارهای حکاکی با قلم تکمیل می‌کنند.

روش سوم حکاکی ریزقلم است که گرچه ساده‌تر، اما از روش اول انشقاق یافته‌است. در این روش بوسیلهٔ یک میله فولادی نازک که سر تیز دارد، عمل می‌کنند. میله را مثل مدادی با دست می‌گیرند و با آن فلز را خراش می‌دهند. چاپ طرح ایجاد شده مانند روش اول انجام می‌گیرد. در این روش، تنها خط بسیار ظریف، کم‌وبیش سیاه، شبیه با خطی که با قلم رسم شده است، روی برگ کاغذ چاپ می‌شود.

در سدهٔ هفدهم، روش تازه‌ای به بقیه افزوده شد. این روش که در سال ۱۶۴۳ بوسیلهٔ لویی فون زیگن[1]، افسری از اهالی هس اختراع شده بود، حدود میانهٔ همین سده، به انگلستان آورده شده و در آنجا موفقیت زیادی یافت. این روش معروف به حکاکی سایه روشن است. در این روش با یک وسیلهٔ تنویی که مجهز به میخهای ریز است، صفحهٔ فلزی را با خطوط موازی که از هر سو عمود بر یکدیگر می‌شوند، خراش می‌دهند، بدین‌ترتیب شبکهٔ ریزبافتی از نقاط به‌وجود می‌آید که نوعی منظرهٔ مخملی یکنواخت به چاپ می‌دهد. بدین‌طریق با یک وسیلهٔ خراشنده و یک «سوهان نرمه» دانه‌های اولیه را در منطقه‌ای که باید سفید یا کم‌رنگ باشد، می‌برند یا می‌شکنند. نتیجهٔ این کار نوعی بازی رنگ است که از بسیار روشن تا بسیار تاریک بر متنی تاریک بازی می‌کند. این روش بویژه برای نمایش آثار نور و تاریکی به‌کار می‌رود.

1. L. Von Siegen

وانگهی نخستین آزمایشهای حکاکی رنگ شسته (لاوی) را به ژان آدام شوایکارد[1] اهل نورمبرگ منتسب می‌سازند که در سال ۱۷۵۰ در فلورانس انجام می‌گرفت. این کار در فرانسه حدود سال ۱۷۶۰ بود که لوپرنس[2] از آن استفاده کرد. در این روش یک صفحهٔ فلزی را با یک مادهٔ دانه‌ای ـ دانه‌های صمغی ـ یا لایه‌ای از مصطکی (ماستیک) حل شده در الکل، اندود می‌کنند و پس از خشک شدن در سطح صفحهٔ فلزی، نوعی پوشش دانه‌ای طبیعی ایجاد می‌شود. سپس سطح فلز را با مالیدن اسیدنیتریک با فرچه می‌خورانند؛ بدین‌ترتیب صفحه با شبکه‌ای دانه‌دانه از فلز که به‌طور غیریکنواخت توزیع شده‌اند، پوشیده می‌شود. بدین‌طریق با صفحهٔ فلزی مانند روش حکاکی با اسید نیتریک عمل شده است، و حکاک با نوعی لعاب بخشهایی از صفحه را که به‌اندازهٔ کافی حک شده‌اند، می‌پوشاند. هریک از روشهای گفته‌شده بنوبهٔ خود انشعاباتی دارند.

کتابهای چاپی اولیه:

کتاب با چاپ چوبی: سدهٔ پانزدهم با تشنگی شدید به دانش، شناخته می‌شود، این تشنگی جهان غرب را دگرگون ساخت. در چنین وضعی برای دفع این تشنگی چه ابزاری بهتر از کتابهای چاپی می‌تواند باشد؟ با استفاده از باسمه‌های چوبی خط سیاه، می‌توانستند همهٔ صفحات یک کتابچه را چاپ کنند. پس از اینکه باسمه‌های چوبی آماده شد، کتاب با چاپ چوبی با چنان سرعتی به چاپ رسید که نخستین چاپگران کتاب، که رازکار خود را بسختی حفظ می‌کردند، ازاینکه آنها را به جادوگری متهم سازند، بیمناک بودند.

«کتاب عملی» برای تمایز با «کتاب هنری» قرون وسطی به بازار آمد و پیروزی آن بسیار گسترده بود. برای نخستین بار ابزاری در دست بود که بوسیلهٔ آن کتابها را می‌توانستند به‌آسانی و دقت ـ عناصری که برای تفکر مسیحیت اساسی بودند ـ تکثیر کنند. اشخاصی گرایش دارند که نتیجهٔ پیدایش کتابهای چاپی را تنها آسان کردن کار کلیسا در بررسی، جمع‌آوری، مقابله و انتقال متون بنیادی ادبیات غربی بدانند و نیز می‌افزایند که پیدایش چاپ سبب گسترش بدون مانع انتقاد کتاب شد. با این‌همه می‌توان گفت که بزرگترین اثر چاپ کتاب آموزش خواندن به تودهٔ مردم بود.

طبیعی است که ساختن گراوورهای چاپ چوبی، کاری دقیق و زمانگیر بود. ما فرصتی داشتیم که ناظر اجرای این کار بوسیلهٔ یک گراوورساز حرفه‌ای باشیم: صفحهٔ کوچکی (۱۲۵ میلیمتر در

---

1. Jean-Adam Schweikard

۲. Jean-Baptiste Leprince ۱۷۳۴ـ۱۷۸۱ نقاش و حکاک فرانسوی.

۱۸۰ میلیمتر) از چاپ دوناتوس[1]، که اطلاعات فراوانی به‌دست داد. کتابچه‌های چاپ چوبی که به ما رسیده است، جملگی با حروف گوتیک یا نظایر آن چاپ شده‌اند؛ مطمئناً چنین حروفی که سر آنها پیکانی و ته آنها تیز است و تشکیل مثلث کوچکی می‌دهد، که بسادگی بوسیلهٔ مغار جدا می‌شود، کنده‌کاری راحتی دارند. آزمایشی که ما شاهد آن بودیم، نشان‌داد که متن را خط به خط کنده‌کاری نکرده‌اند، بلکه اشپون به اشپون پیش رفته‌اند و در آخر، مجموعه را با جدا کردن حروف از یکدیگر کامل ساخته‌اند.

با مقایسهٔ زمانی‌که گراوورساز ما، برای تهیهٔ یک صفحه هزینه کرد، می‌توان تصور کرد که در سدهٔ پانزدهم برای تهیهٔ یک صفحه از همان متن، ۳۰ یا ۳۵ ساعت کار می‌کردند. چنین کاری باید به کارگاههایی واگذار شود که سه تکنیک: طراحی، نقل و حکاکی را در یکجا گرد آورده باشند. گویا چنین کارگاههایی تنها به تهیهٔ کتاب دو ناتوس اکتفا نمی‌کردند، بلکه به‌کارهای دیگری، از جمله تولید ورق بازی هم دست می‌زدند.

حروف چوبی و ابتکار حروفچینی: از زمانی‌که این مرز بسیار اسرارآمیز، که در غرب چاپ چوبی را از چاپ حروفی جدا می‌کند با یک جهش پشت‌سر گذاشته شد، مدت زیادی نمی‌گذرد. می‌گویند که به‌خاطر به‌دست آوردن راز چاپ حروفی، که اصولاً ترکیبی از عناصر کوچک فردی است، تنها کاری که لازم بود انجام گیرد، شکستن باسمهٔ چوبی به قطعات کوچک متوازی‌السطوحی بود که هرکدام حامل یک حرف بودند. اما چنانچه ما مایل باشیم، مشکلات فنی بی‌شمار این کار را درنظر آوریم، مسأله بسیار پیچیده می‌شود: دشواری بریدن بسیار دقیق همهٔ این متوازی‌السطوحهای چوبی ریز، تا بتوان آنها را به‌طور مؤثری با هر ترتیب دلخواه جمع کرد؛ دشواری نگاهداری آنها بدون اینکه مادهٔ سست آنها تحت تأثیر رطوبت هوا شکل خود را از دست بدهند، یا اینکه پوسیده و شکسته شوند.

با این‌همه می‌توان این داستان رایج را درنظر داشت که طبق آن در حدود سال ۱۴۲۳ یا ۱۴۷۳ در هارلم[2] شخصی با نام لاورنس یانسون[3] از حروف چوبی جدا از هم که از چوب درخت آلش ساخته بود، استفاده کرده است. او حروف چوبی را برای چاپ متون با یکدیگر جمع می‌کرد؛ بدین‌ترتیب از حروف چینی دستی که چینیها در حدود سال ۱۰۴۰ اختراع کرده بودند، برای اولین بار در غرب استفاده شد. اما به‌علت شکلهای باریک و دراز نشانه‌های الفبایی غرب، به‌نظر نمی‌رسد که یانسون توانسته باشد قطعات کوچک حروف کاملاً لازم برای چاپ یک کتاب بزرگ را کنده‌کاری

۱. Aelius Donatus دانشمند رومی دستور زبان لاتینی که در اواسط سدهٔ چهارم میلادی می‌زیسته است. کتاب او در قرون وسطی رایجترین کتاب دستور زبان در اروپای غربی بوده است.

۲. Haarlem شهری در جنوب هلند.

3. Laurens Janszoon

کرده باشد. ما فکر می‌کنیم که او در کار با حروف چوبی برای متون بزرگ و پلاکارتها، بزودی به مشکلات مربوط به مادهٔ مورداستفادهٔ خود مواجه شده است. بنابراین باید گفت که یانسون را می‌توان بدون‌تردید نخستین کسی در غرب دانست که به «اهمیت بنیادی حروف چینی»، یعنی ردیف کردن منشورهایی که هرکدام حامل یک حرف است، واقف شده است و از این‌رو، او در ردیف پیشگامان این نوع چاپ، جایی دارد. با وجود این هنوز به‌مرحلهٔ حروفچینی دستی واقعی نرسیده بودیم.

کتابهای چاپی و گراوورهای فلزی: بدین‌ترتیب هنرهای روی چوب برای حل این مشکل همهٔ امکانات خود را به‌کار گرفت و توانست «کتاب ماشینی» را به بازار آورد و اندیشه حروفچینی بوسیلهٔ حرفهای جداگانه را عملی سازد. برای اینکه در راهی که چنین معجزآسا گشوده شد، پیشتر رویم می‌بایست در بحث تکنسین‌های جدید: هنرهای فلزی، وارد شویم.

ببینیم در اوایل سدهٔ پانزدهم در این راه تا چه اندازه به‌پیش تاخته‌اند؟ می‌توان گفت که تکنیک سنبه‌کاری تسلط داشته است. از این تکنیک در زمان امپراطوری اخیر روم[1] برای ساختن نگین‌دانهایی جهت مهر استفاده می‌شد. بعداً از آن وسیله برای ساختن ماتریسها (قالبها) ی بعضی مهرها و نیز سنبه‌هایی برای ضرب سکه و مدال سود جستند. صحافان نیز از سنبه برای کوبیدن عنوان کتاب بر روی جلد و عطف آن استفاده می‌کردند. تکنیکی که اکنون بسیار تکامل یافته است، زیرا طبیعتاً به صنعت زرگری، که در سدهٔ پانزدهم به سطح بسیار بالایی از تکامل خود ارتقا یافته بود، کمک می‌کرد. در مورد تکنیک چاپ، باید به‌خاطر آوریم که همیشه مورد استفاده قرار می‌گرفته است، زیرا گاهی صفحات فلزی با خط سیاه را با آن می‌ساختند و در این طریقه بخشهای سیاه بوسیلهٔ سنبه کمی روشنتر می‌شد.

این روش ریخته‌گری در قالبها، در زمان باستان هم تقریباً مورداستفاده بوده است. گلها و رومیها سکه‌ها را در قالبهایی از سفال ریخته‌گری می‌کردند. این تکنیک در قرون وسطی متروک شد، اما مدال‌سازان از سده‌های سیزدهم و چهاردهم از نو آن را رواج دادند و این را گمان که قالب آنها با سنبه‌های نقش‌دار ساخته می‌شد به‌آسانی می‌توان پذیرفت. ریخته‌گران (بویژه ریخته‌گران ناقوس) همین سدهٔ سیزدهم نیز کاربرد سنبه و روش ریخته‌گری را با یکدیگر ترکیب کردند تا قالبهای توخالی گلی یا ماسه‌ای بسازند که در آنها فلز ریزی کنند؛ بدین‌ترتیب خطوط برجسته‌ای بر روی قطعه ریخته‌گری شده آنها ایجاد می‌شد. سازندگان یادمانهای گورستانی نیز اکثراً با همین روش، مضامینی بر روی گورها منقوش می‌کردند.

درحالی‌که حکاکان چوب با زحمت زیاد نخستین کتابچه‌های خود را حکاکی می‌کردند،

---

۱. Bas-Empire اصطلاحی برای امپراطوری روم از ۲۳۵ـ۴۷۶ میلادی.

حکاکان فلز که مجهز به امکانات سنبه و فلزریزی در قالب بودند، می‌کوشیدند تا این مشکل را برای همیشه رفع کنند. اما برای حذف کار طولانی حکاکی باسمه‌های چاپی چه کاری می‌شد انجام داد؟ ... «جانشین کردن یک صفحهٔ ریخته‌گری شده دارای همان خاصیت به‌جای باسمه‌های چوبی».

چنانچه آنها از تکنیکها و روش پیش گفته استفاده می‌کردند، چاره کار زیاد دشوار نبود. تنها کافی بود که با استفاده از سنبه‌های حروفی به‌ترتیب مقاله، قالبهای توخالی (ماتریس) بسازند و در این قالب صفحات فلزی را به‌طور برجسته، همان طور که باسمه‌های چوبی را به‌کار می‌بردند، ریخته‌گری کنند. درحالی‌که صرفه‌جویی در وقت بسیار زیاد بود، اما نتیجهٔ کار اندک بود. صفحهٔ فلزی قالبگیری شده نواقص بزرگی داشت که بیشتر مربوط به‌بدی کار ردیف‌سازی حروف، عمق حروف و تغییر شکلی که در اثر ضرب هر حرف به حرف قبلی ضرب‌شده وارد می‌آمد.

این روش که گویا نخستین بار در هلند به‌کار گرفته شد ـ اگر نظر *Chronique de Cologne* را بپذیریم ـ کارهای دیگری را الزامی ساخت. چاپهای بد و مغلوطی ایجاد شدند، که بنا به نوشتهٔ مموریال صومعهٔ سن‌ـاوبر[1] کامبره در سالهای ۱۴۴۵ و ۱۴۵۱، «متون مذهبی را قالبریزی کردند، چیزی بی‌ارزش و سراسر غلط به‌دست آمد.» این روش طبیعتاً از هلند به شهرستانهای راینلند سرایت کرد. در راینلند چند حکاک هوشمند، از آن جمله گوتنبرگ برای تکمیل آن کوشیدند. ما اطلاع مبهمی از اقامت گوتنبرگ در سال ۱۴۳۹ در استراسبورگ در دست داریم. این خبر مربوط به شهادتهای گواهانی در ارتباط با دادخواستی است که گوتنبرگ و خانوادهٔ یکی از شرکای او را، که بتازگی فوت کرده بود، دربرابر هم قرار می‌داد؛ سپس، در آوینیون، طی سالهای ۱۴۴۴، ۱۴۴۵ و ۱۴۴۷، راجع به روش عجیبی از «کتابت مصنوعی»، که زرگری از شهر پراگ به نام پروکوپ والد فوگل که از رنانی آمده بود، می‌کوشید از آن استفاده کند و طبق گفتهٔ یکی از شریکان او، روشی «عملی، آسان و سودآور» است.

علاقه‌مندان بدین روش برای برطرف کردن نقایص روش حکاکی روی فلز کوشیدند که سنبه‌ها را قبلاً با یکدیگر جمع کنند و پس از آن ضربه را وارد سازند تا حروف کج و معوج نشود و از ریخت نیفتد.

یوهان گوتنبرگ: در شایستگی گوتنبرگ برای اختراع چاپ حروفی، هیچ تردیدی نیست. کارهای پیشینیان او در این زمینه از سوی کسانی نظیر اولریش تسل[2]، ماتیاس پالمیری[3]، یوهان تریتیم[4]،

1. Saint-Aubert 2. Ulrich Zell 3. Mathias Palmierie 4. Johann Trithéme

یاکوب ویمفلینگ[1]، و بعد از وی سباستیان مونستر[2] و عدهٔ زیاد دیگری، طبق اظهارات روشن اکثر وقایع‌نگاران، تکنسین‌ها و مؤلفان، طی سالهای پس از مرگ گوتنبرگ، بیهوده بوده است. اما چیزی که موجب گفت‌وگو شده است این واقعیت می‌باشد که یوهان شوفر[3] پسر پتر شوفر، شریک گوتنبرگ و فوست[4] در سال ۱۵۰۵ در اهدانامه‌ای که برای کتاب تیت‌لیو[5] نوشته است، اظهار می‌دارد: «هنر جالب چاپ حروفی بوسیلهٔ مهندس یوهان گوتنبرگ در سال ۱۴۵۰ در ماینتس انجام گرفته است.» درصورتی‌که همین آقای یوهان شوفر بود که در سال ۱۵۰۹ به خوانندگان خود اعلام داشت که تنها مخترعان این هنر، فوست و پترشوفر، پدربزرگ و پدر او بوده‌اند.

وانگهی همین وجود دادخواستی که در سال ۱۴۵۵ فوست و او را دربرابر یکدیگر قرار داده بود، گواهی می‌دهد که اگر فوست سرمایه‌گذار این شرکت بوده است، گوتنبرگ ادارهٔ فنی کار را به‌عهده داشته است.

بدین‌ترتیب‌ما می‌توانیم تاریخ این اختراع را برپایهٔ شهادتی که در دادگاه استراسبورگ در سال ۱۴۳۹ داده شده است، بازسازی کنیم. در سال ۱۴۳۶ گوتنبرگ که به همهٔ هنرهای تازه شکفته شدهٔ چاپ کتاب علاقه نشان می‌داد و به آزمایشهای حکاکی روی فلز که هلند مرکز آن بود دلبسته بود، از سال ۱۴۳۶ با سه نفر دیگر شرکتی را تشکیل داد: یک نفر سرمایه‌گذار با نام یوهان ریف[6] به همراه دو نفر از دستیاران‌خود، با نامهای آندرئاس دریتزهم[7] و آندرئاس هایلمن[8]، و دو تکنسین که یکی از آنها زرگری به نام هانس دونه[9] بود که بدون تردید با خود گوتنبرگ در ساختن سنبه‌های حکاکی شده لازم برای چاپ فلزی کار می‌کرد، و دیگری نجاری به‌نام‌کنراد ساسپاک[10] بود که پرس دستی را کامل کرد. این امر متضمن این نکته است که گوتنبرگ در دو سطح کار می‌کرد: اصلاح تکنیک آماده‌سازی صفحه، ایجاد وسیلهٔ چاپ. این واقعیت را امر دیگری نیز گواهی می‌کند و آن اسناد مربوط به دادگاه است که نشان می‌دهد گوتنبرگ برخی از اسرارکاری را از شرکای خود مخفی می‌داشت و بعدها به او پیشنهاد شد که در عوض افشا کردن رازهای خود مقداری پول دریافت دارد.

کتاب با چاپ حروفی: گوتنبرگ درپی بهتر کردن روش گراوورهای فلزی، طبیعتاً به استفادهٔ مستقیم از سنبه‌هایش برآمد، او سنبه‌ها را در یک خط و در یک صفحه ردیف کرد، و آنها را برای به‌کار بردن در طرحهای کوچک چاپی «در مقیاس آزمایشگاهی»، اصطلاحی که ما امروز به‌کار می‌بریم،

---

1. Jacob Wimpheling 2. Sebastian Munster 3. Johann Schoeffer 4. Fust

5. Tite-Live ۶۴ پیش از میلاد و ۱۷ بعد از میلاد، مؤلف تاریخی دربارهٔ روم در ۱۴۲ جلد، که ۳۵ جلد آن لااقل وجود دارد.

6. Johann Riffe 7. Andreas Dritzehem 8. Andreas Heilman 9. Hans Dünne

10. Konrad Sahspach

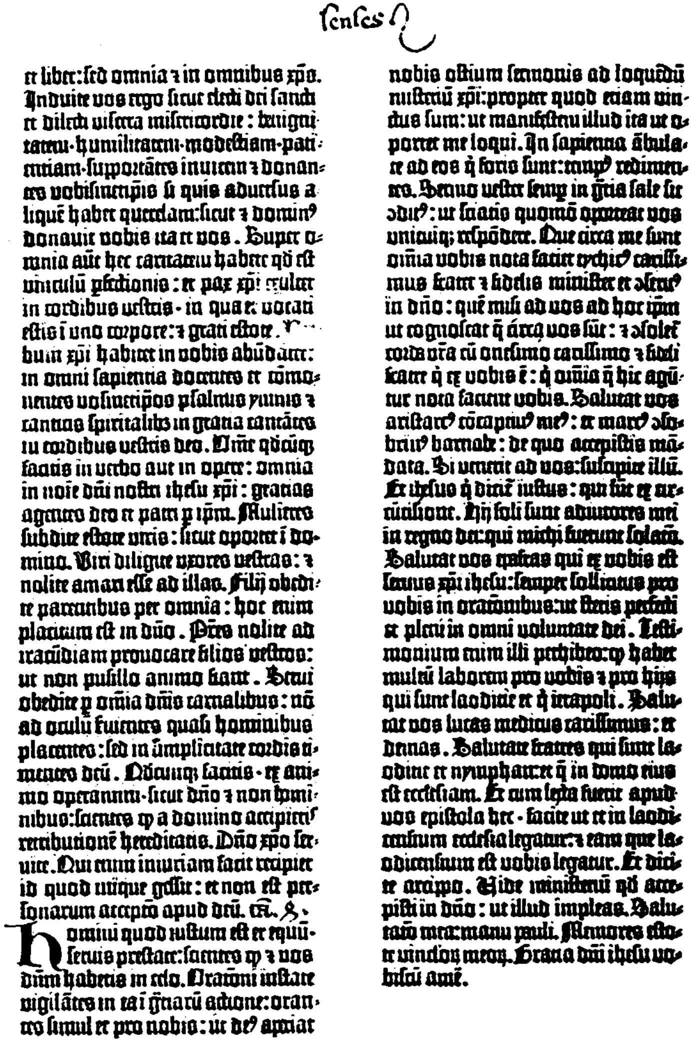


شکل ۳۰۶.ریخته‌گر حروف چاپی (از: یوست امان).

«حروفچینی» کرد. اما این یک واقعیت است که یک کتاب مهم حروفچینی شده که باید به اندازهٔ کتاب دست‌نویسی که برای تکثیر درنظر گرفته شده جالب باشد، تنها بوسیلهٔ حروفی که به‌طور ردیفی از طریق قالبگیری به‌دست آمده‌اند، تولید می‌شود. مدتهاست که نویسندگان تاریخ چاپ می‌دانند که اختراع فن چاپ حروفی براساس ساختن حروف ریخته‌گری شده و نه حکاکی شده استوار است.

اما برای تهیهٔ حروف ریخته‌گری شده، ابتدا باید تکنیکی برای قالبگیری دقیق ایجاد کرد تا بتوان حروف کوچک را بوسیلهٔ فلز دارای خواص دلخواه در آن ریخته‌گری نمود. تردیدی نیست که این همان کاری است که گوتنبرگ طی سالهای بین تاریخ مورد قبول برای اختراع حروف قابل انتقال (۱۴۴۰) و پیدایش کارهای اساسی چاپی بدان اشتغال داشته است. اما این‌هم واقعیتی است که پتر شوفر، همکار گوتنبرگ و فوست پس از سال ۱۴۵۲ قالب حروف دستی را اختراع کردند، قالبی که می‌تواند حروف را به‌طور جداگانه و آسان تولید کند، درحالی‌که این حروف را به احتمال زیاد گوتنبرگ در ماسه ریخته‌گری می‌کرد (شکل ۳۰۶).

چاپ کتاب با حروف، راه‌حل واقعی مسأله فنی کتاب بود (شکل ۳۰۷).با این راه‌حل، چنانکه بعداً خواهیم دید مخالفتهایی شد، اما این مخالفتها با جنبهٔ اصلی کار ـ که بی‌گفت‌وگو مورد قبول


et liber: sed omnia et in omnibus xp̄s.
Induite vos ergo sicut electi dei sancti
et dilecti viscera misericordie: benigni
tatem · humilitatem · modestiam · pati
entiam · supportantes invicem et donan
tes vobisinetipsis si quis adversus a
liquē habet querelam: sicut et dominus
donavit vobis ita et vos. Super o
mnia aūt hec caritatem habete qđ est
vinculū pfectionis: et pax xp̄i exultet
in cordibus vestris · in qua et vocati
estis ī uno corpore: et grati estote. Ver
bum xp̄i habitet in vobis abūdanter:
in omni sapientia docentes et commo
nentes vosmetipsos psalmis ymnis et
canticis spiritalibus in gratia cantātes
in cordibus vestris deo. Omne quodcumq
facitis in verbo aut in opere: omnia
in nomine dn̄i nostri ihesu xp̄i: gratias
agentes deo et patri p ipm̄. Mulieres
subdite estote viris: sicut oportet ī do
mino. Viri diligite uxores vestras: et
nolite amari esse ad illas. Filii obedi
te parentibus per omnia: hoc enim
placitum est in dn̄o. Patres nolite ad
iracūdiam provocare filios vestros:
ut non pusillo animo fiant. Servi
obedite p omnia dn̄is carnalibus: nō
ad oculū servientes quasi hominibus
placentes: sed in simplicitate cordis ti
mentes deū. Quodcumq; facitis · ex ani
mo operamini · sicut dn̄o et non homi
nibus: scientes qđ a domino accipietis
retributionē hereditatis. Dn̄o xp̄o ser
vite. Qui enim iniuriam facit recipiet
id quod inique gessit: et non est per
sonarum acceptio apud deū. Ca. iiii.
Domini quod iustum est et equū
servis prestate: scientes qđ et vos
dn̄m habetis in celo. Oratiōni instate
vigilātes in ea ī gratiarū actione: oran
tes simul et pro nobis: ut deus aperiat
nobis ostium sermonis ad loquendū
misterium xp̄i: propter quod etiam vin
ctus sum: ut manifestem illud ita ut o
portet me loqui. In sapientia ambula
te ad eos q foris sunt: tempus redimen
tes. Sermo vester semp in gratia sale sit
conditus: ut sciatis quomō oporteat vos
unicuiq; respōdere. Que circa me sunt
omnia vobis nota faciet tychicus carissi
mus frater et fidelis minister et conservus
in dn̄o: quē misi ad vos ad hoc ipm
ut cognoscat q circa vos sūt: et consolet
corda vr̄a cū onesimo carissimo et fideli
fratre q ex vobis ē: q omnia q hic agū
tur nota facient vobis. Salutat vos
aristarcus concaptivus meus: et marcus conso
brinus barnabe: de quo accepistis mā
data. Si venerit ad vos: suscipite illū.
Et ihesus q dicitur iustus: qui sunt ex cir
cumcisione. Hii soli sunt adiutores mei
in regno dei: qui michi fuerunt solatiū.
Salutat vos epafras qui ex vobis est
servus xp̄i ihesu: semper sollicitus pro
vobis in orationibus: ut stetis perfecti
et pleni in omni voluntate dei. Testi
monium enim illi perhibeo: qđ habet
multū laborem pro vobis et pro hiis
qui sunt laodicie et q ierapoli. Salu
tat vos lucas medicus carissimus: et
demas. Salutate fratres qui sunt la
odicie et nymphanem: et q in domo eius
est ecclesiam. Et cum lecta fuerit apud
vos epistola hec · facite ut et in laodi
censium ecclesia legatur: et eam que la
odicensium est vobis legatur. Et dici
te archippo. Vide ministeriū qđ acce
pisti in dn̄o: ut illud impleas. Salu
tatio mea: manu pauli. Memores esto
te vinculorum meorum. Gratia dn̄i ihesu vo
biscū amē.

شکل ۳۰۷.انجیل ۴۲ سطری که گوتنبرگ و فوست، حدود سال ۱۴۵۵ چاپ کرده‌اند.

همه کس بود ـ نبود، بلکه به‌علت دشواری دستکاری و نگهداری اجزای فوق‌العاده «متحرکی» که حرفهای آن را تشکیل می‌دادند، ابراز می‌شد. اختراع مهم دیگری که می‌توانست این راه‌حل را کامل کند، و بعدها پدید آمد، اختراع عکسبرداری بود. اهمیت زیاد چاپ حروفی هنوز بر روی فن چاپ کتاب سنگینی می‌کند و ما هنوز در آغاز جست‌وجوی راهی برای حذف و یافتن جانشین کاملاً متفاوتی برای آن می‌باشیم.

قدرت کتاب: پیش از آنکه وارد چاپخانه شویم و به ابزارهای گوناگون آن، بویژه پرس چاپ که وسیلهٔ اساسی کار است، توجه کنیم، اجازه دهید ببینیم کسانی‌که به‌کار چاپ علاقه داشتند در چاپخانه‌های آن زمان با چه چیزهایی روبه‌رو می‌شدند. می‌توان گفت که این اختراع با استقبال شایانی روبه‌رو شده بود و همان طور که ویمفلینگ اظهار داشته است: اومانیستهای آن روزگار، پیشگامان صنعت چاپ را با حواریون مسیح مقایسه می‌کردند، زیرا مانند آنان بذر گفتار نیک را به‌هر جا می‌پراکندند، انجیل جدید حقیقت و دانش را موعظه می‌کرد. استادان این فن «الهی» به ما نوید می‌دهند که چاپ «مبشر عصر طلایی و دوران نیکبختی است».

آیا بخشی از این داوریهای پیامبرانه نیست؟ . . . این مردان چاپگر مانند حواریون مسیح در پهنهٔ اروپا پخش شدند و راههای گرسنگی را که با فقر، شکست، نومیدی و نکبت پیش می‌رفت، پشت سر نهادند. در کمرکش نیمهٔ دوم سدهٔ پانزدهم، یعنی دوران کتابهای نخست چاپی، آنها رویهمرفته فقرایی دوره‌گرد بودند که به گناه اینکه درپی آنند که از ثمرات کارشان کسان زیادتری بهره‌مند شوند، از شهری‌به‌شهری دیگر رانده می‌شدند. آنان، بدون پشتوانه مالی، غالباً ناگزیر آزادی خود را از دست می‌دادند و بضاعت اندک خود را برای تهیهٔ مواد خام لازم برای چاپ هزینه می‌کردند. گاهی به‌امید یافتن حامیانی برای هنر خود ناگزیر از ترک محل کار و مهاجرت به محلهای دیگر بودند، لیکن افسوس که به‌دنبال سایهٔ هما و کیمیا بودند. بی‌دلیل نیست که آن‌همه شهرهای فرانسه در میان حصارهای خود چاپخانه‌های تازه تأسیس کردند و اینک بدان فخر می‌فروشند. در بایگانی برخی از این شهرها، بویژه لیون، مدارکی وجود دارد که این پیشگامان اسیر در چنبر مشکلات را ناتوان از پرداخت هرگونه مالیات دانسته‌اند، درحالی‌که کتابهای بسیار فاخری به همت آنان چاپ شده بود. سندی به تاریخ ۱۵۰۳ صراحت دارد که مأمور مالیات، چاپگری با نام ژان‌سیبر را از پرداخت مالیات معاف کرده است،«زیرا زندگی او قابل ترحم است».

با این همه کاری که در چاپخانه‌های اروپا انجام می‌گرفت، واقعاً در مقیاس عجیبی بود. لوسین فور و هانری ژان مارتن، آماری برای نیمهٔ نخست این سده ارائه می‌دارند، که افسانه می‌نماید،

۳۰۰۰۰ تا ۳۵۰۰۰ کتابهای گوناگون با تیراژ کلی ۱۵ تا ۲۰ میلیون نسخه.

با آغاز سدهٔ شانزدهم وضع بکلی تغییر یافت: نبرد سنگین چاپگران پیشگام به پیروزی انجامید و آنها اربابان فن خود شناخته شده و در دفتر خود کاملاً جا گرفته بودند و معمولاً آنها را کتاب فروش، اومانیست و نیز چاپگر می‌دانستند. اینک آنان بذری را که پیشینیان آنها در سدهٔ پانزدهم کاشته بودند، برداشت می‌کردند. این چاپگران کتابفروش از مغازه‌های مشتری‌پسند خود در سدهٔ شانزدهم، طبق گفتهٔ کسانی‌که در بالا از آنها نام بردیم، ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار عنوان کتاب به فروش رسانیدند، که اگر تعداد متوسط هر عنوان را ۱۰۰۰ نسخه به‌شمار آوریم، به رقم افسانه‌ای ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیون جلد می‌رسیم که نمی‌توان آن را اغراق‌آمیز دانست. وانگهی باید گفت که این ارقام مربوط به کتاب است و تعداد پوسترها، جزوه‌ها، راهنماها ... در آن منظور نشده‌اند؛ بدین‌ترتیب شگفتی‌آور نیست که در سده‌های پس از آن تقاضای کتاب کاهش می‌پذیرد.

چاپخانه‌های دستی اولیه

کارگاههای چاپخانه‌های اولیه در زیرزمینها، دخمه‌ها و جاهای دورافتاده قرار داشتند، زیرا وسایل مورد نیاز بسیار محدود بود و فضای کمی لازم داشت. تصویر حکاکی شده که کارگاه ماتیوهوس[1] را در لیون در سدهٔ پانزدهم نشان می‌دهد ـ قدیمیترین کارگاهی که در این رشته ما می‌شناسیم ـ بسیار بیان کننده است. در این تصویر فقط یک جعبهٔ حروف (گارسه)، یک ورساد و یک خبر نگهدار، ذورانگا، پرس چاپ و بالشک مرکب‌مالی دیده می‌شود. روشن است که این تصویر حکاکی شده در جای کوچکی ابزارهای عمدهٔ کارگاه را متمرکز ساخته است، اما چیز زیاد دیگری هم وجود ندارد.

ببینیم برای تأسیس یک چاپخانهٔ دستی چه مواد، ابزار و مواد خامی لازم است (شکل ۳۰۸).

دو رشته کارهای متمایز از یکدیگر در چاپخانه وجود دارند:

۱. چیدن صفحات که وسایل ضرور برای آن ورساد است که حروف در آن پهلوی یکدیگر چیده می‌شوند.

۲. چاپ فرمها که با پرس چاپ انجام می‌گیرد.

این دو رشته عملیات و وسایل مربوط بدانها، مستلزم یک ردیف ابزارهای گوناگون می‌باشند.

ابزارهای حروفچینی: گارسه، که حروف، علامات، فاصله‌ها و اشپون (فواصل بین سطور) در آن گذارده می‌شود.

میز دارای چند ردیف، تا اشپونها در دسترس حروفچین قرار داشته باشد. صفحات چیده شده

1. Mathieu Husz



شکل ۳۰۸.چاپخانه ماتیوهوس در لیون، پایان سدهٔ پانزدهم (از رقص مرگ).

روی ردیفها گذارده می‌شوند.

ورساد، که حروفچین آن را با دست نگهداشته و حروف را درون آن ردیف می‌کند تا سطر تشکیل شود.

رانگا، که سطور کامل شده در ورساد را بیرون آورده در آن می‌نهند. این سطور در بالای قسمت راست گارسه، که در حروفچینی کمتر مورداستفاده است، گذاشته می‌شود.

خبرنگهدار، که ورق نوشته‌شده (خبر) را در جلوی دیدگان حروفچین نگاه می‌دارد. خبرنگهدار در لبهٔ گارسه، کمی بالاتر از مرکز آن گذارده می‌شود.

انبرک، که برای بیرون آوردن حرف نادرست از سطر چیده‌شده به‌کار می‌رود. در غلط‌گیری از آن استفاده می‌شود.

پرس چاپ: پرس و ضمائم آن مهمترین وسیلهٔ کارگاه است. با پرس می‌توان صفحات آمادهٔ چاپ را بر روی کاغذ چاپ کرد.

سنگ چاپ) میزی است که صفحات برای تشکیل فرم چاپی روی آن تنظیم می‌شوند. گویا در سدهٔ پانزدهم این تنظیم صفحات، مستقیماً روی مرمر پرس انجام می‌گرفت.

اشکنجه) صفحات چاپ شونده با کمک گوه‌ای چوبی در این وسیله زیر فشار قرار می‌گیرند تا از حالت نرمی بیرون آیند.

دوات) جزء پرس است و در عقب آن قرار دارد و سبب می‌شود که سطح صفحات فرم کاملاً مرکبی شوند.

بالشتک دوات) مرکب را در زمان چاپ روی صفحات به‌طور یکنواخت پخش می‌کند.

میز) جنب دستگاه پرس قرار دارد و دو ستون کاغذ را نگاه می‌دارد: یک ستون ورق سفید، و ستون دیگر ورقهایی که چاپ و از پرس خارج می‌شوند.

طشت آب) ورقهای کاغذ در آن رطوبت می‌گیرند تا چاپ بهتر و منظمتری داشته باشند.

ورق گستر) با این وسیله، ورقهای چاپ شده به حالت ایستاده درآورده تا بر روی ریسمانها قرار گیرند، و خشک شوند.

در بالا، خلاصه‌ای از وسایل و مواد لازم برای چاپ داده شده است و این فهرست با چند استثنا می‌تواند منظرهٔ یک چاپخانه را در آغاز سدهٔ نوزدهم بازسازی کند: یعنی این تکنیک طی چهار سده تغییر کمی یافت. حداکثر، همان‌طورکه بعداً خواهیم دید، پرس چاپ سبکتر و کارایی آن بیشتر شد، درحالی‌که محصول آن خالصتر و مقدار آن بیشتر گردید.

اما علاوه‌بر چاپخانه‌های مهم شناخته شده، که کتابهای چاپی شایان تقدیری به طبع رسانیدند، از همان اوایل کار تعداد زیادی چاپگر دوره‌گرد هم وجود داشتند که از شهری به شهر دیگر می‌رفتند و در محلهایی که چاپخانه وجود نداشت پوسترها، اعلانها و حتی بروشورهای کوچکی را چاپ می‌کردند. مطمئناً وسایل آنها بسیار محدود بود: حروف چاپی را بدون تردید در جعبه‌های کوچکی حمل می‌کردند که با اتصال آنها به یکدیگر گارسه، ورساد و رانگای کوچک، انبرک، بالشک مرکب آماده می‌شد و بالاخره مقداری مرکب سیاه و کاغذ هم با خود داشتند.

این چاپگران دوره‌گرد مطمئناً از پرس چاپ بی‌بهره بودند، اما آیا برای چاپ اعلانها یا بروشورها به چنین وسیلهٔ سنگین و حجیمی نیاز داشتند؟ مطمئناً، نه. کاغذ را در اشکنجه تحت فشار قرار می‌دهند تا چاپ شود؛ در اشکنجه، کاغذ به دو طریقه چاپ می‌شد: با گذاردن صفحهٔ کاغذ بر روی حروف چاپ و مالش کاغذ بر روی آن، یا گذاردن کاغذ در زیر حروف چاپ و اعمال فشار بر روی دستگاه.

ما نمی‌توانیم ادعا کنیم که این طریقهٔ دوم در چاپخانه‌های بزرگ عملی می‌شد، زیرا هنوز ثابت نشده است. قبل از هرچیز باید مشکل بسیار پیچیدهٔ «حروف نابجا» را رفع کرد که برای چاپگران دردسر بزرگی شده بود و ما در آینده بدان خواهیم پرداخت.

پرس چاپ در سدهٔ پانزدهم: از آنجا که در هر چاپخانه، پرس وسیلهٔ اصلی کار است، ما تاریخ آن را از زمانهای دور مورد بررسی قرار می‌دهیم. در گذشته ما از مرافعه‌ای صحبت کردیم که گوتنبرگ و شریک او را در سال ۱۴۳۹ دربرابر وراث شریک دیگرشان «درتیزهم» قرار داد. خوشبختانه ما جزئیات این مرافعه را در اختیار داریم، که ضمن آنها همهٔ علمیات فنی چاپ که از سال ۱۴۳۶ در این شرکت انجام می‌گرفته، آمده است. چون اختراع چاپ حروفی ظاهراً در سال ۱۴۴۰ بوده است، تردیدی نیست که در این مرافعه، روش ما قبل این نوع چاپ مورد بحث است و آشکارا دربارهٔ روش چاپ با گراوورهای فلزی است که قبلاً دربارهٔ آن صحبت کرده‌ایم.

با این‌همه مضمون شهادتها آشکار می‌سازد که شرکا کوشش داشتند که از یک یا دو وسیله‌ایی که جدیداً ساخته شده بود، نامی برده نشود و ظاهراً این وسایل چیزی جز نمونهٔ نخستین یک پرس چاپ نبوده است. نخستین پرس را کنراد زاسپاک نجار ساخته بود.

دربارهٔ چگونگی این وسیله گفت‌وگو زیاد است. عده‌ای آن را وسیله‌ای برای ریخته‌گری حروف می‌دانند، اما نمی‌فهمیم که پس از خواندن شهادت زاسپاک نجار، چطور می‌توان این واقعیت را نادیده گرفت. زاسپاک صریحاً شهادت می‌دهد که اندرئاس هایلمن ـ شریک دیگر ـ به او گفته بود: «چون «آندرئاس درتیزهم» مرده است و چون تو این پرسها را ساخته‌ای و از موضوع اطلاع داری، برو قطعات پرس را از آنجا ببر و آنها را اوراق کن، تا کسی از آن سر در نیاورد»».

این گروه استراسبورگی، مطمئناً مدت زمان قابل توجهی از تکنیک کتابهای چاپ شده با گراوورهای فلزی، که از هلند اقتباس شده بود، استفاده کرده بودند و درصدد اصلاح و تکمیل آن بودند.

مع‌ذلک گوتنبرگ می‌بایست بسرعت فهمیده باشد که مشکل چاپ کتاب، تماماً دربرابر آنان قد علم کرده است، یعنی اشکال کار فقط این نیست که روشهای آماده‌سازی گراوور صفحه را بهتر کنیم و این گراوورها به‌طور مکانیکی و سریع چاپ شوند. باید گفت که کار چاپ، به‌معنای دقیق کلمه، هنوز محدود به روش به‌اصطلاح مالش بود: برگ کاغذ را روی گراوور فلزی که از پیش مرکب‌مالی شده بود، می‌گذاشتند. این برگ از طرف پشت، روی گراوور مالیده می‌شد تا چاپ شود؛ بدین‌ترتیب به‌نظر گوتنبرگ پیشقدم شدن در حل مشکل تیراژ، حیاتی بود. او برای ساختن مکانیسمی برای چند

برابر کردن قدرت تولید کتاب می‌کوشید و بدین‌ترتیب اندیشهٔ پرس چاپ را ارائه داشت.

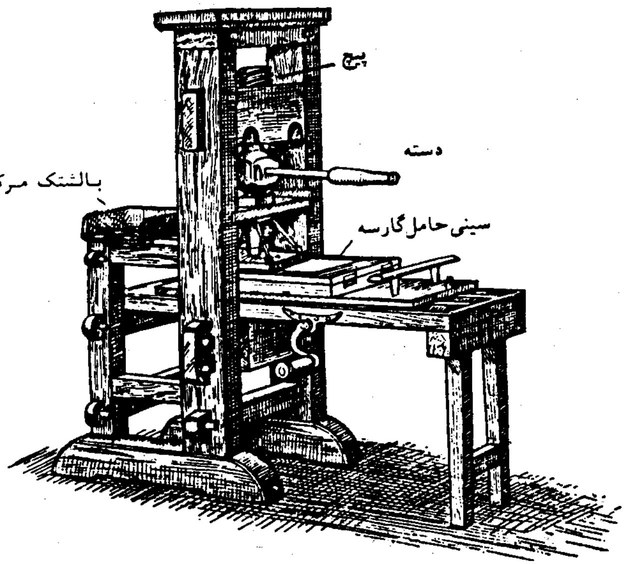
اما پرس موردنظر گوتنبرگ چگونه چیزی بود؟ اطلاع زیادی از آن در دست نیست. گروهی از نویسندگان، بویژه فرانسیس تیبودو[1]، کارل فاولمان[2] و شارل مورته[3] اظهار می‌دارند که وسیلهٔ بسیار ساده‌ای بوده است، چیزی شبیه منگنهٔ عصاری، روغنگیری یا کاغذسازی، و مدتها بعد در آغاز سدهٔ شانزدهم بود که یک پرس متحرک، که می‌توانست فرم را از پرس خارج کند تا براحتی مرکب‌مالی شود و برگ کاغذ روی آن گذارده شود.

اما عده‌ای از نویسندگان با این نظر موافقت ندارند. عجیب این است که اختراعات همیشه به‌عنوان کار کاملی عرضه می‌شوند، یعنی مخترع همهٔ جوانب کار را درنظر می‌گیرد و اصلی را برای حل کامل آن کشف می‌کند و اصلاحات بعدی تنها جنبهٔ تکنیکی دارند و فرعی می‌باشند. بدین‌ترتیب اختراع پرس چاپ، بدون داشتن قسمت متحرک حامل فرم و بدون اشکنجه‌ای که برگ کاغذ را در جای خود ثابت نگاهدارد، چندان کارا نیست. گوتنبرگ و شرکای او برای ساختن پرسی، احتمالاً زمخت و ناهموار، اما از نظر کار کامل، کوشیده‌اند. بررسی گراوورهایی که پرسهای قدیم و حتی نخستین پرس شناخته شده، مربوط به سدهٔ پانزدهم، متعلق به چاپخانه ماتیوهوس در لیون را نشان می‌دهند، ما را به متحرک بودن قسمت حامل فرم قانع می‌کند و چفت و بستهای اشکنجه حامل کاغذ را آشکارا نشان می‌دهند (شکل ۳۰۸). ما در شکل ۳۰۹ تصویری از پرس سدهٔ پانزدهم را ارائه داشته‌ایم.

سختی صفحهٔ فشار پرس (صفحه‌ای که سبب می‌شود برگ کاغذ به‌سطح حروف بچسبد)، ریخته‌گری حروف چاپ را ناگزیر می‌سازد که سطح حروف را تا حد ممکن هموار سازد، تا اینکه چاپ او درست باشد. این شرط یکی از دلایل رها کردن صفحات گراوور فلزی بود که هیچ‌گاه به اندازهٔ کافی مسطح نیستند و نیز پیش کشیدن روش چاپ حروفی است که با به‌کارگرفتن حروف جدا از هم در وارد آوردن ضربه به صفحات نرمی زیادی را ممکن می‌سازد.

با این‌همه در اینجا نکته‌ای است که اطلاع ما در مورد آن کافی نیست، درحالی‌که اهمیت زیاد دارد. پرسهایی که می‌توانستند به مدل گوتنبرگ برای ساختن ابزارهای اولیهٔ او خدمت کنند، قطعاً از نوع پرسهای کوچک صحافی و پرسهای بزرگ نمگیری صنعت کاغذسازی بودند. اما این پرسها برای ایجاد فشارهای آهسته و قوی ساخته شده‌اند. گام پیچ مرکزی آنها ساده است، یعنی بیش از یک دنده ندارند. گوتنبرگ که این پرسها را با تکنیک چاپ انطباق می‌داد، به نخستین مانعی که برخورد، این بود که، برای بالابردن و پایین آوردن به‌اندازهٔ کافی صفحهٔ فشار پرس بالای فرم، لااقل

1. Fr. Thibaudeau 2. K. Faulmann 3. Ch. Mortet



شکل ۳۰۹.تصویری از پرس چاپ در سدهٔ پانزدهم (موزهٔ لیونی چاپخانه و بانک).

می‌بایست یک دندهٔ کامل و حتی بیشتر به پیچ افزود. همه‌چیز بستگی به‌مقدار میل‌دنده‌ها نسبت به مرکز پیچ دارد. برای این کار، دسته‌ای که پیچ را می‌گرداند، باید خود آن‌هم یک دور کامل بگردد، اما دستگاه مانع این امر است. سرپیچ که با پیچ روی هم تراشیده شده است و معمولاً چهارگوش می‌باشد، ناچار باید با چهار سوراخ مته شود تا یکی پس از دیگری انتهای میله را، درست مانند چرخ و طناب، دریافت کنند، تا مجموعهٔ دستگاه یک دور کامل بگردد و صفحهٔ فشار پرس با کاغذ که روی فرم قرار دارد، تماس یابد. در این مکانیسم زمان زیادی هدر می‌رود، زیرا برای بالا بردن صفحهٔ فشار نیز همین کارها لازم است.

حل مسألهٔ بالا به‌طور کامل بستگی به تغییر پیچ دارد، که به‌جای یک دنده باید دارای سه یا حتی چهار دنده باشد و بدیهی است که این دنده‌ها باید برابر و موازی یکدیگر باشند. بدین‌ترتیب می‌توان تا اندازهٔ قابل توجهی دنده‌ها را نسبت به مرکز پیچ مایل کرد و سقوطی چهار بار سریعتر ایجاد نمود و این کار با یک‌چهارم گردش پیچ، همان نتیجهٔ قبلی را می‌دهد. بدین طریق میله را می‌توان روی یکی از چهار طرف سرپیچ ثابت کرد، زیرا تنها کافی است که برای اینکه صفحهٔ فشار پرس با کاغذ چاپی تماس یابد، یک‌چهارم دور بگردد.

چه کسی برای نخستین بار طرح این پیچ چهاردنده را داده است؟ پاسخ بدین پرسش بسیار دشوار است، اما ما معتقدیم که چنین وسیله‌ای از زمانهای بسیار دور به‌کار می‌رفته است. از آنجا که تولید چاپخانه به‌طور روزافزونی بناچار بالا می‌رفت، می‌توان حدس زد که مشکلات ناشی از به‌کارگرفتن پیچ تک‌دنده بسرعت کاهش یافت.

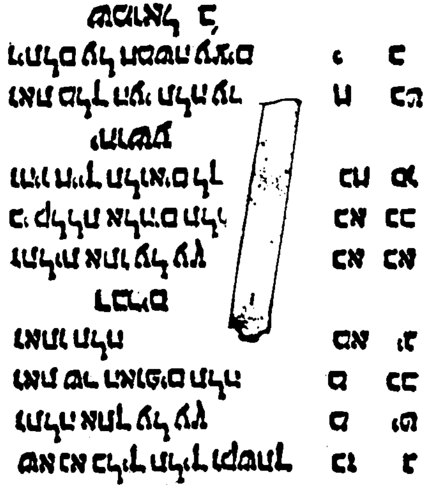
اما پیچ چهار دنده‌ای نواقصی دارد: گرچه یا چهاربرابر سرعت صفحهٔ فشار را پایین می‌آورد، درعوض قدرت ضربهٔ این صفحه را می‌کاست و این‌قدرت کم، نمی‌توانست با یک ضربه همه صفحات فرم را چاپ کند. بنابراین دو ضربه زده می‌شد، یعنی صفحهٔ حامل فرم نخست بخشی از فرم را زیر صفحهٔ فشار قرار می‌داد. با ضربهٔ نخست میله، نیمی از صفحه چاپ می‌شد، سپس صفحهٔ فشار را بالا می‌بردند و صفحهٔ حامل فرم را پیش می‌آوردند تا نیمهٔ دیگر فرم در زیر صفحهٔ فشار قرار گیرد، آن‌گاه با ضربهٔ دوم نیمهٔ دوم فرم هم چاپ می‌شد. بدین‌دلیل این دستگاه را پرس دوضربه‌ای نامیدند.

کار سنگین میله نیز نقص دیگر این دستگاه است: ضربهٔ دوگانه برای چاپ هر فرم، همهٔ دستگاه را می‌لرزانید و در طول مدت، پرس را لق می‌کرد که آن نیز چفت‌وبستها را شامل می‌ساخت. بنابراین از ابتدای کار، برای اینکه دستگاه در جای خود ثابت بماند ناچار بودند آن را شمع بزنند، یعنی با تیرهایی و بعدها با نرده‌های تزیینی آن را به تیر سقف ثابت نگاه دارند.

نمونه‌های اولیه: «حروف نابجا» اصطلاحی است که به علامات بیگانه‌ای که گاهی در چاپهای نشر اول وجود دارد، داده شده است. علت پیدایش این حروف، چنین است: یک حادثهٔ فنی سبب می‌شود که بر روی صفحهٔ چاپی، حرفی به‌طور خوابیده در آن دیده شود. چاپگر توجه نکرده است که در جریان حروفچینی، حرفی از سطح جانبی گذاشته شده است. آزمایش این حرف تقریباً همیشه نشان می‌دهد که پایهٔ آن پخت و دارای پاشنه شده است و گاهی سوراخ یا شکافی دارد. این «حروف نابجا» در صفحات کتابهای نشر اول چاپ حروفی همهٔ ممالک اروپای غربی نظیر: آلمان، هلند، بلژیک، ایتالیا و فرانسه دیده می‌شود. این امر متضمن این واقعیت است که آنها از این تکنیک ویژه ساخت حروف استفاده می‌کردند. نخستین کسی‌که به‌کار تحقیق این چاپهای جالب پرداخت، ویکتور شولدرر[1] بود و یادداشتهای او ـ که گویا هنوز انتشار نیافته است ـ که دربارهٔ آخرین یافته‌های او از حروف نابجا می‌باشد، این اندیشه را در ما القا می‌کند که برخی کتابهای محتوی چنین حروفی گویا بوسیلهٔ اشکنجه و چاپگران دوره‌گرد به چاپ رسیده‌اند.

تا آنجا که ما اطلاع داریم، تنها حدود ۲۰ عدد از این نشانه‌ها تاکنون یافت شده‌اند: دو عدد

1. V. Scholderer



شکل ۳۱۰.یک «حرف نابجا» در Meir Natib (ونیز، د. بومبرگ تیسری سال ۱۵۲۳).

در فرانسه، یکی در بیبلیوتک دوورسای (که نخستین نابه‌جای یافته شده بود)، یکی هم اخیراً در موزهٔ چاپ شهر لیون وجود دارد که ما آن را در شکل ۳۱۰ بازسازی کرده‌ایم.

حدود ۲۵۰ نوع از این حروف به تاریخ سدهٔ پانزدهم و اوایل سدهٔ شانزدهم در بستر رودخانهٔ سون در لیون کشف شده است. این حروف، میان دو مجموعه تقسیم شده‌اند که یکی کتابخانهٔ ملی پاریس است و دیگری متعلق به آقای براسار[1] از مون‌بریزون[2] است. ریخت این حروف دقیقاً مشابه حروف نابجا می‌باشد، یعنی تقریباً جملگی دارای پایهٔ پخت و پاشنه و چندین عدد از آنها دارای سوراخ و شکاف می‌باشند.

تردیدی نیست که پایهٔ پخت و پاشنهٔ آنها مربوط به تکنیکی است که در اندازه‌گیری حروف به‌کار رفته است که درازتر از اندازهٔ لازم ریخته‌گری شده‌اند، سپس به‌طور اریب آنها را شکسته‌اند تا کوتاه شوند و بدقت سوهانکاری شده تا دقیقاً اندازهٔ لازم را داشته باشند. در مورد سوراخهای کناره‌ها باید گفت که احتمالاً این‌سوراخها روش ثبت دو رنگ را هم‌زمان بر روی ورق کاغذ تسهیل می‌کردند.

چاپ دو رنگ: کاملاً اطمینان داریم که نخستین چاپگران برای چاپ دو رنگ و سریع کتابهای دست‌نویس دچار دردسرهای فراوان بوده‌اند. با آن روشهای اولیهٔ زمخت، چاپ عناوین کتاب با

1. M. Brassart

۲. Montbrison ناحیه‌ای در لوار، جایی‌که رود ویززی به لوار می‌ریزد.

رنگ دیگر بسیار دشوار بود، مگر اینکه حروفی که باید قرمز زده می‌شدند، قبلاً برمی‌داشتند و آن را با رنگ، قرمز می‌کردند و در فرم چیده شده که مرکب‌مالی نیز شده بود، قرار می‌دادند تا بدین‌ترتیب با یک ضربه، صفحه دو رنگ چاپ شود.

این روش زمانگیر بود، اما روش سریعتر چاپ دو رنگ (نخست سیاه سپس قرمز) بسیار مخاطره‌آمیز می‌نمود، زیرا چاپ دقیق دو رنگ به‌علت دشواری همیشگی جاگذاری دقیق کاغذ در جای نخست، عملاً بسیار سخت بود.

بنابراین تصور می‌شود که سوراخهایی که در مورد حروف متعلق به سدهٔ پانزدهم از آنها نام بردیم، برای اتصال حروف به یکدیگر مورداستفاده قرار می‌گرفتند؛ حروف چیده شده برای عنوان را بوسیلهٔ یک سیم به یکدیگر متصل می‌ساختند. ظاهراً توضیح دیگری برای وجود این‌سوراخها، که بدنهٔ حروف را شکننده می‌ساختند، نمی‌توان یافت. وانگهی توجه داده‌ایم که در بعضی از این حروف سوراخدار موجود در کتابخانهٔ ملی پاریس، سوراخ که به‌طور معمولی در سطح جنبی بوده تا زیر پایهٔ حرف می‌رسد، که ظاهراً برای این بوده است که آن حرف در آغاز یا پایان متن عنوان گذارده شود، سیم از پایهٔ حرف نخست وارد و او انتهای حرف آخر خارج می‌شد. این روش، ورود و خروج عنوان را به مثابه یک واحد چاپی صفحه، آسانتر و سریعتر می‌ساخت.

اما از همان آغاز سدهٔ شانزدهم، پیشرفت تکنیک، تغییر ساخت حروف را ممکن ساخت. از یکسوی، کنترل ارتفاع حروف باکمک یک لولهٔ تغذیه ریخته‌گری، که پس از ریخته‌گری حرف چاپی از آن جدا می‌شد، انجام می‌گرفت. از سوی دیگر، دو رنگ ساختن چاپ یک فرم بوسیلهٔ سنجاقکاری عملی می‌شد، یعنی دو سنجاق در فرم قرار داشتند که در دو سوراخ کاغذ فرو می‌رفتند. چنین مکانیسمی امکان می‌داد که درگذر دوم کاغذ، عناوین دقیقاً رنگ خود را بگیرند و همین‌طور صفحهٔ رو نسبت به پشت. پرس چاپ سال ۱۵۶۴ که یوست آمان آن را به تصویر آورده است، دو سنجاق داخل فرم را نشان می‌دهد. اما بعضی صفحات ردی کتابهای اواخر سدهٔ پانزدهم نشان می‌دهند که در تعدادی از چاپخانه‌ها، از این سنجاقها استفاده می‌شد. بدین‌ترتیب، حروف که از بعضی قید و بندها رها شده بودند، شکل کنونی خود را به‌دست آورد و مجهز به راده شد تا حروفچین جهت آنها را تشخیص دهد.

روش دیگری هم برای چاپ دو رنگ وجود داشت که می‌بایست از همان ابتدای دو رنگ‌سازی مورداستفاده قرارگرفته شده باشند و تا سدهٔ هجدهم هم ادامه داشتند. آقای فرتل[1] درکتاب خود، اصول این روش را به ما می‌شناساند. فرم تمام شده که روی صفحهٔ پرس قرارگرفت و کاغذنگهدار

1. Fertel

زده شد، مستقیماً روی این کاغذنگهدار اولین نمونهٔ چاپ را انجام می‌دادند، سپس در کاغذنگهدار، بخشهایی از متن را که باید قرمز چاپ می‌شدند می‌بریدند و آنها را روی کاغذ حائل در جای دقیق خود می‌چسبانیدند. این کار سبب می‌شد که قسمتهای قرمز یک فشار اضافی را تحمل کنند و بدون اینکه غلطکزنی خشک رنگ سیاه انجام شود، چاپ گردد. در آن زمان تنها بخشهای مربوط به سوراخهای کاغذ نگهدار که روی کاغذ آشکار می‌شوند و بقیهٔ فرم بر روی کاغذنگهدار با مرکب قرمز چاپ و دوباره چاپ، می‌شوند. باید کاملاً مواظب بود که این چاپ دوباره ثابت از خلال پارشمن کاغذنگهدار تراوش نکند. همین‌که چاپ با رنگ قرمز کامل شد، حروف مربوط به بخش قرمز را برمی‌دارند و جای آنها را در فرم با تعدادی کوادرات پر می‌سازند و کار عادی چاپ را با مرکب سیاه اجرا می‌کنند.

همچنین می‌توان تختهٔ طراز حروف را نه بر روی کاغذ حائل، بلکه در زیر حروف جا داد تا آنها را بالا آورد. در چاپخانه‌هایی که چندین کتاب مذهبی دو رنگ چاپ می‌کردند، از حروف با دو «بلندی کاغذ» مختلف استفاده می‌کردند که یکی مربوط به قرمز بود که بلندتر از دیگری بود. این وضع استفاده از تخته‌های طراز پارشمنی را غیر ضرور می‌نمود. در آنورس در موزهٔ پلانتن[1] حروفی از این نوع نگاهداری می‌شوند.

چاپ نت موسیقی: مدتها در اندیشهٔ چاپ حروفی نشانه‌های موسیقی بودند، این کار برای نخستین‌بار در آغاز سدهٔ شانزدهم، بوسیله اوتاویانو پتروتچی[2] چاپگر شهر فوسومبرونه[3] حوالی شهر اوربینو انجام گرفت، در واقع آزمایشهای این کار از مدتها پیش آغاز شده بود.

تردیدی نیست که در ابتدای کار چاپ، کسی در اندیشهٔ حل مسألهٔ چاپ نت موسیقی نبود، در هر متنی جای نتهای موسیقی را خالی می‌گذاشتند و بعداً آنها را با دست می‌نوشتند. این همان روشی است که درکتاب *Missale lugdunensis* چاپ لیون در سال ۱۴۷۸ بوسیلهٔ ژان نوی‌مایستر[4] دنبال شده است.

نخستین نشانه‌های چاپ حروفی موسیقی ظاهراً در سال ۱۴۷۳ بوده است. آقای کنراد فونر[5] چاپگری از اسلینگن[6] در *Collectorium super Maznificat* نوشتهٔ گرزون[7]، به احتمال زیاد از حروف تمام صورت استفاده کرده است، تا اینکه مربعهای ناتراشیدهٔ نتها را بدون خطوط حامل

1. Le Musée Plantin 2. Ottaviano Petrucci

۳. Fossombrone شهرکی در ناحیهٔ پیسارو، ایتالیا.

4. J. Neumeister 5. K. Fyner

۶. Esslingen ناحیه‌ای در بادن و ورتمبرگ، کنار رودخانهٔ نکار، در آلمان غربی.

7. Gerson

نت چاپ کند.

کتابچه‌های نت که در این دوران عموماً دو رنگ بودند، چاپگران را ناگزیر از رعایت این امر می‌ساختند. رنگ قرمز برای نمایش خطوط حامل، رنگ سیاه برای اینکه نتها را در همان زمان که متن را چاپ می‌کنند روی خطوط حامل قرار دهند. نخستین کتابی که با این روش به چاپ رسید کتاب: *Missale Romanum* بود که در سال ۱۴۷۶ در روم بوسیلهٔ اولریش هان انتشار یافت. پس از آن، کتاب: *Missale Herbipolense* بود که در سال ۱۴۸۱ در وورتسبورک[1] بوسیلهٔ ی. ریزر[2] چاپ شد، و بالاخره کتاب: *Missale Romanum* است که در سال ۱۴۸۲ در روم بوسیله س. پلانک به چاپ رسید.

اما بتدریج کتابچه‌ها و حتی کتابها را با یک رنگ چاپ کردند. بنابراین طبیعی است که سرانجام نتها را همراه متن چاپ کنند. برای این کار از باسمه‌های با خطوط سیاه استفاده می‌شد. در سال ۱۴۸۲ آقای راموس پارخا[3] کتاب موسیقی: *Tractatus de musica* را بوسیلهٔ باسمه‌های چوبی چاپ کرد، پس از وی اوگو روجریوس[4] در بولونیا در سال ۱۴۷۸، و پروس[5] در استراسبورگ در سال ۱۴۸۸ از همین روش استفاده کردند. تا مدتها کتابهای موسیقی بدین‌ترتیب چاپ می‌شد، از جمله آقای یان فروشاوئر[6] در سال ۱۵۰۰ در اوگسبورک کتاب، *Lilium musice plane* را چاپ کرد.

با چاپ کتاب: *policronicum* در سال ۱۴۹۵ در وستمینستر بوسیله آقای ر. هیگدن[7] تکنیک تازه‌ای برای چاپ آثار موسیقی پدید آمد. ما برای نخستین‌بار فرمی از خطوط حامل، نت و دستهٔ نت را که با حروف چیده شده بود، یافتیم و ارهارت اوگلین[8] نیز در سال ۱۵۰۷ در اوگسبورک برای قطعهٔ کوچکی از موسیقی از چاپ حروفی استفاده کرده است.

در فرانسه آقای اولریش ژرینگ[9] با شریک خود رنول[10]، نخستین متن دو رنگی موسیقی را با چاپ حروفی انتشار داد. خطوط حامل و دستهٔ نتها با رنگ قرمز و نتها و متن ـ مزامیر داود ـ با رنگ سیاه در سال ۱۴۹۴ به چاپ رسیدند. سال پس از آن، ژان نوی‌مایستر برای چاپ کتاب موسیقی خود: *Missale uceniensis* از دو رنگ استفاده کرد، بعد از وی در سال ۱۴۹۷ چاپگر دیگری از لیون با نام میشل توپیه[11] برای چاپ کتاب: *Missale ad usum romane curie* همین روش را به‌کارگرفت. این روش مدتها رواج داشت. پیر اولتن[12] که ریخته‌گری مبتکر بود، طرح ریخته‌گری هر نت را با خطوط حامل آن روی یک حرف چاپی ارائه داشت و بدین‌ترتیب خطوط

1. Wurzbourg 2. J. Reyser 3. Ramos Pareja 4. Hugo Rugerius 5. Pruss
6. Jean Froschauer 7. R. Higden 8. Erhard Oeglin 9. Ulrich Gering 10. Renholt
11. M. Topié 12. P. Haultin

موسیقی را حروفچینی کرد؛ خطوط حامل هر نت با خطوط حامل نت بعدی متصل می‌شد. یک حروفچین دیگر پاریسی با نام پیر آتنیان [1] داماد فیلیپ پیگوشه،[2]، این روش را ادامه داد و در سال ۱۵۲۸ یک دورهٔ تمام کتابهای موسیقی را چاپ کرد. چاپگران متعددی، بویژه بالار[3] ها، از وی تقلید کردند.

نخستین کسی از این بالارها که شهرت یافت، روبر، باجناق گیوم لوبه[4] ریخته‌گر بلندآوازه بود که می‌توانست روبر را با انواع حروف مخصوص خود تجهیز کند. او در ۱۴ اوت سال ۱۵۵۱ برای نه سال این امتیاز را به‌دست آورد که همهٔ کتابهای موزیک را خود چاپ کند یا زیر نظر او چاپخانه‌های دیگری بدین‌کار پردازند و فروشندهٔ انحصاری این کتابها ـ چه مربوط به سازها و چه در ارتباط با آوازها ـ باشد. این امتیاز طی بیش از دویست سال منظماً تجدید شد، به‌طوری‌که می‌توان گفت که این خاندان چاپگر همهٔ کتابهای موسیقی را تا نزدیکیهای انقلاب کبیر در انحصار خود گرفته بود.

ما دربارهٔ روش چاپ موسیقی با حکاکی کم‌عمق، که کریستف پلانتن[5] آن را عمومیت داد، سخن زیادی نداریم، زیرا از لحاظ فنی با روشهای رایج حکاکیهای عمیق تفاوت چندانی ندارد: بر روی صفحه‌ای از مس خطوط حامل، نتها و متون موسیقی را همچون متون دیگر حک می‌کنند.

دوران میانی (سده‌های شانزدهم تا هجدهم)

جهان کوچک کتاب: بدین‌ترتیب از سدهٔ شانزدهم، دوران هنرهای تصویری، راه خود را تغییر داد. دیگر از تکنسین‌هایی که برای تکمیل یک روش کلی چاپ می‌کوشیدند، خبری نبود. وسیلهٔ چاپ به شکلی «معجزآسا» کشف شده بود. این وسیله نقایص زیادی داشت که بزودی متوجه آنها شدند، اما کاری برای رفع آنها نشد و تکنسین‌ها متعهد بودند که کارایی آن را حفظ کنند، آن را تکامل دهند و راه را برای اختراعات نوین بزرگی که بتوانند راه‌حلهای تازه‌ای برای مسائل فنی این رشته باشند، هموار سازند.

در آغاز سدهٔ شانزدهم، پس از سالهای پر حماسی پیشگامان، کار تازه‌ای در شرف انجام بود، کاری سترگ و جاوید. این یک تمدن فکری بود که زاییده می‌شد، تمدنی که درصدد تسخیر فکر بشری برای سده‌های آینده بود: تمدن کتاب، که در تمام سطوح سازمان می‌یافت. نخستین وظیفه این بود که تکنیکی را که پایگاه آن بود با نیازهای گستردهٔ بشری که بناگاه با دانش، هنر و همهٔ اشکال «دایرةالمعارفی» آشنا شده بود، انطباق دهد. وظیفهٔ دوم، استقرار روابط پایدار فرهنگی و بازرگانی، میان تعداد روزافزون مؤلفان معتبر و انبوهی از انسانها بود که تشنهٔ آکنده شدن از اطلاعات

1. P. Atteignant 2. P. Pigouchet 3. Ballard 4. G Le Bé 5. C. Plantin

بودند. استاد چاپگر در کشمکش سخت خود با مشکلات، زاییده شده بود، استاد کتابفروش که برای نبرد فکری در حال تکوین بود، زندگی فکری دوران را با سوداگری تسخیر می‌کرد. در اینجا ما باید تصریح کنیم که بسیاری از چاپگران درگذر این سه دهه، با کتابفروشی و یا در ارتباط نزدیک با کتابفروشان کار خود را آغاز کردند.

آقای لوسین فور و هانری ژان مارتن فصلی از کتاب خود را: جهان کوچک کتاب عنوان کرده‌اند. این اصطلاح بیش از آنکه داوری دربارهٔ ارزشها را مطرح سازد، نوعی بیان طبیعت برادرانهٔ این رشته را می‌رساند، دینامیسم این جهان کوچک کتاب در همان حرکت سادهٔ تاریخ آن نمایان‌است. چاپگر کتابفروش کانون گرمی را تشکیل داده است. او یک اومانیست است و یا خواهد بود و همهٔ نویسندگان هنر و ادب و پس از چندی، همهٔ دانشمندان در دکهٔ محقر او گرد خواهند آمد.

به‌دنبال فور و مارتن، در میان این چاپگران کتابفروش ـ که مردان فرهیخته و دانشمندی بودند و همچون تاجی بر سر عصر پر افتخار شانزدهم می‌درخشیدند ـ چندین چراغ هدایت دیگر به‌چشم می‌خورند، که از آن‌میان می‌توان از: هانس امرباخ[1] که در مؤسسه کوچک خود در بال از سال ۱۴۷۵ چاپهای منقحی از نوشته‌های آباء کلیسا را انتشار داد، نام برد. پسر بسیار فرهیختهٔ او بونیفاس امرباخ[2] غلطگیر و دوست یوهان فروبنیوس[3] ناشر اراسم بود. برپایهٔ یک برنامهٔ هماهنگ آلدوس مانوتچی، بدون‌شک با پشتیبانی پیکو دلامیراندولا، فروشگاه مشهور خود را در ونیز تأسیس کرد و در چاپخانهٔ خود کتابهای فراوانی به زبانهای لاتین و یونانی انتشار داد. در سال ۱۵۰۱ وی نخستین حروف ایتالیک را با حکاکی فرانچسکو گریفو[4] ابداع کرد، این حروف بلادرنگ بوسیلهٔ چاپگران لیونی مورد تقلید قرار گرفتند. و نیز باید توجه داشت که ژوس باد[5] که برخاسته از فلاماند بود، تعداد زیادی کتاب را در ترشسل[6] لیون چاپ کرد، سپس چاپخانه را به لیون انتقال داد و سرانجام در شهر پاریس استقرار یافت و در آنجا به نشر چندین کتاب، بویژه با همکاری گیوم بوده پرداخت، سپس مؤسسه را به روبراتین[7] داماد خود واگذاشت.

از آن پس در فرانسه، همانند دو جریان موازی چاپخانه‌هایی در پاریس و لیون پی‌درپی گشوده شدند که جملگی بوسیلهٔ چاپگران اومانیست با شایستگی و موفقیت اداره می‌شدند. در پاریس، همهٔ هنرمندان بزرگ زمان به دور خانوادهٔ اتین گرد آمده بودند. از نزدیکان این خانواده می‌توان از

۱. Hans Amerbach ۱۵۱۳ـ۱۴۴۴ چاپگر آلمانی که ۷۰ کتاب را به چاپ رسانیده است.

2. Boniface

۳. Johan Frobenius ۱۵۲۷ـ۱۴۶۰ چاپگر آلمانی که در شهر بال سویس چاپخانه داشت.

4. Francesco Griffo 5. Josse Bade 6. Trechsel 7. R. Estienne

آقایان: سیمون دو کولین[1] و واسکوزان[2] نام برد؛ کلود گارامون[3]، حروف ریز و چاپگر برجسته، باز می‌توان از جفری توری[4] نام برد که در *Champfleury* خود برای ساختن حروف لاتین اصولی را پیشنهاد می‌کند. در لیون سباستین گریف[5] که از حروف ابتکاری آلدوس مانوتچی برای چاپ کتابهای اراسم، گیوم بوده[6]، پولیتین[7]، سادوله[8] و رابله بسیار استفاده کرد؛ و نیز اولیویه آرنوله[9] و روبرگرانژون[10] حروف معروف الفبای «رسمی» دستی را طرح کردند. فرانسواژوست[11] سالنامه‌های رابله را چاپ کرد، اتین دوله[12] پس از اینکه مدتی نزد گریف به‌عنوان غلطگیر مطبعه کار می‌کرد، خود در لیون و بعد در پاریس دست به انتشار کتاب زد و در میدان موبر[13] بر روی خرمنی از هیزم در میان کتابهای تکفیر شدهٔ خود سوزانده شد. همچنین روئیه[14] که کوشش او را مرزی نبود، و بویژه خاندانی که موازی با خاندان اتین: خاندان تورن[15] که با پیوستن به برنارد سالومون[16] ـ نقاش و حکاک ـ مقلب به برنار کوچک، آن‌همه کتابهای مصور را به چاپ رسانید و در لیون در مراکز پروتستانی رفاقت محکمی را پایه گذارد. سرانجام کریستف پلانتن فرانسوی است که در آنورس کار می‌کرد و با کتابهایی که انتشار می‌داد، به هنر چاپ سبک بسیار جالبی بخشید و به تصویرهای گراووری روی صفحات مسی تکامل داد.

اما این جنبش مبارک، بزودی به سکون گرایید، با سازشی که در پاریس و لیون با تمایل کم‌وبیش محرمانه نسبت به پروتستانیسم انجام گرفت، چاپگران اومانیست در اثر فشار شدید پراکنده شدند و بسیاری از آنها تبعید گردیدند و بخصوص به سویس رفتند که در آن کشور خاندانهای اتین و تورن فعالیت داشتند.

در سدهٔ هفدهم، جهان کوچک کتاب بخش بزرگی از مشتریان خود را از دست داد؛ بحران اقتصادی بیداد می‌کرد. کتابهای بی‌شماری که در سدهٔ گذشته چاپ شده بود، بازار کتاب را تاحدی اشباع کرده بود. جنگهای مذهبی و در آلمان، جنگها به‌طورکلی، عوارض خود را بر کتاب گذاردند. چاپگران به‌اندازهٔ زمانهای گذشته با تقاضای کتاب روبه‌رو نبودند. آنها به‌دنبال کار می‌رفتند و انواع آن را می‌پذیرفتند. آنها هنوز قدوم دانشمندان و محققان را خوشامد می‌گفتند، لیکن آنها را از شدت سانسوری که هم از جانب پارلمان و هم از جانب دربار اعمال می‌شد، برحذر می‌داشتند. تمرکز تأثیر خود را گذارده بود و کتابفروشان و چاپگران اینک در پاریس، در اطراف سالنهای مردان قلم،

1. S. de Colines 2. Vascosan 3. Claude Garamont 4. Geoffroy Tory 5. S. Gryphe 6. G. Budé 7. Politien 8. Sadolet 9. O. Arnoullet 10. R. Granjon 11. F. Just 12. Etienne Dolet 13. Maubert 14. Rouillé 15. Tournes 16. B. Salomon

شرکتهای بزرگ و دربارگرد آمده بودند. هنوز در تاریخ نشر به‌نامهای بزرگی نظیر: الزویر[۱]، کراموازی[۲]، لئونار[۳]، کاموزا[۴]، دسپره[۵]، و در لیون به آنیسون[۶] برمی‌خوریم.

نیمهٔ نخست سدهٔ هجدهم با سدهٔ هفدهم کمی تفاوت داشت، اما طی این دوران کتابفروشان بیش‌از پیش تحت تأثیر حرکت «دایرةالمعارفی» بودند و «فیلسوف» شده بودند. از این میان، باید به آقای لوبرتون[۷] توجه خاصی داشت، زیرا او همچون قهرمانی به میدان آمد. او را که یک ویراستار و احتمالاً الهامبخش «انسیکلوپدی» بود، می‌توان از زمرهٔ شجاعانی دانست که به پشتیبای هشیاری و نرمش خود دربرابر یک سانسور گوش‌به‌زنگ، توانست این امر مهم را که هم عظیم و هم دلیرانه بود، به‌شکل بسیار خوبی به پایان برد، مجموعه‌ای که چند سال پس از انتشار، تبدیل به گنجینهٔ فکری یک انقلاب فرهنگی ستوه‌ناپذیر شد.

اما پایان سدهٔ هجدهم همزمان با پیدایی نخستین نشانه‌های تحولات بنیادی بود که به یک تکنیک پیر پایان می‌داد؛ تکنیکی که حتی پیش از یورش سخت ماشینی شدن، درپی تفکر تازه‌ای دربارهٔ حروف چاپ خود را مشخص می‌ساخت. این جست‌وجوگری با راهبری تکنسین‌های شایسته‌ای مانند باسکرویل، بودونی، ویلیام کزلون[۸] و بویژه خانوادهٔ دیدو[۹] انجام می‌گرفت؛ نامهای گفته شده، نماینده دوران پر جوش و خروشی در این زمینه می‌باشند.

عناصر زیبایی در چاپ کتاب؛ قطع و صفحهٔ عنوان: پیش از به پایان رسانیدن این فصل چاپخانهٔ حرفه‌ای، چند نکته دربارهٔ تحول عناصر زیبایی در این کار فنی را باید یادآور شد. ما دیدیم، زمانی‌که صنعت چاپ کتاب در جهان نو و بویژه فعال، تأسیس یافت، از جنبهٔ زیبایی‌شناسی می‌توان آن را همچون فرزند تهیدست صنعت رونوشت‌برداران و رنگ‌کاران قرون وسطی دانست. بنابراین این صنعت که لوپه دووگا[۱۰] آن را «قفسه‌های تمدن» نامیده بود، می‌بایست خود را همچون ابزار بنیادین دانش نو جلوه دهد. صنعت چاپ زمانی می‌توانست این جلوه را داشته باشد که از مجموعهٔ کار، نوعی زیبایی خاص حرفه خود را بیافریند.

کتاب چاپ شده براساس نسخهٔ دست‌نویسی آن، از آغاز، پیشگامان را بر آن داشته است که تا حد توان از آثار رونوشت‌برداران و صحنه‌پردازان تقلید کنند. کتاب خطی در آغاز بر روی پارشمن

۱. Elzevir یا Elsevier خانوادهٔ چاپگر و کتابفروش هلندی که در لیدن، لاهه، کپنهاک در سده‌های شانزدهم و هفدهم فعال بودند.

2. Cramoisy 3. Leonard 4. Camusat 5. Desprez 6. Anisson 7. Le Breton

۸. W. Caslon ۱۶۹۲ـ۱۷۶۶ حروف ریز انگلیسی.

۹. Didot خاندان فرانسوی چاپگر و ناشر.

۱۰. Lope de Vega ۱۵۶۲ـ۱۶۳۵ شاعر داستان‌پرداز اسپانیایی.

به‌طور کامل با دست نوشته و رنگ و روغن زده می‌شد؛ خطوط و عناوین را زینت می‌دادند، به‌طوری‌که محصولی کمیاب و گرانبها می‌شد. کتاب چاپ شده را یارای برابری با این نسخه‌های مجلل نبود، اما اگر درپی جلب‌نظر مشتریان سطح بالا بودند باید ازکتابهای خطی الهام می‌گرفتند و از آنها تقلید می‌کردند.

بدین‌ترتیب برای مدتی، کتاب چاپی در قید تقلید ازکتاب خطی، چه در جنبه‌های اساسی و چه در قسمتهای فرعی آن محبوس ماند. نخستین چاپگران، آن‌طورکه دیدیم، از رونوشت‌برداران، طرح کامل نوشتهٔ آنها را می‌گرفتند و دقیقاً آن را سرمشق کار خود قرار می‌دادند و تعدادی از چاپهای خود را رنگ می‌زدند، حتی گاهی تقلید کاملی از اصل دست‌نویس به‌عمل می‌آوردند.

اما در واقع، صفحات چاپ شده، هدف دیگری را نیز دنبال می‌کرد و در غم انباشت پول بر روی جلدهای چرمی کتاب و ریختن پول خود با فرچهٔ رنگ کار نبودند؛ آنها هدف کاملاً متفاوتی را تعقیب می‌کردند. کتاب چاپی به بازار آمده بود تا طبیعت کاملاً اجتماعی فرهنگی را که تا آن زمان در زوایای بی‌روح کلیسا خاک می‌خورد به جهانیان اعلام دارد، بنابراین نگاهداری سنت «کتاب به‌عنوان یک اثر هنری» دیگر امکان نداشت و لازم بود که آگاهانه در راه کتاب، به‌عنوان یک کالای مفید گام نهاد. لازم بود پیش از هر کار، خواندن را که برای کسانی دشوار بود، آسان ساخت، مطلب را به دیگران تفهیم کرد و این خوراک فکری جدید را در دسترس عده زیادی قرار داد. همهٔ این مقاصد زمانی برآورده می‌شدند که همهٔ عناصر سازندهٔ کتاب: نخست عناصر فکری آن، با پایین آوردن سطح فرهنگی که درنظر بود عمومی شود، ساده‌تر شوند؛ سپس عناصر مادی، که درپی یافتن مواد با کیفیت پایینتر اما ارزانتر برآمدند تا کار تکثیر کتاب هرچه سریعتر انجام پذیرد: نخست کاغذ که با استفاده از پارچه‌های مندرس به‌جای پارشمن یا پوست دباغی شده و گرانبهای گوساله عملی شد؛ کنده کاری روی چوب که در مقایسه با مینیاتورهای عالی حقیر می‌نمود، مرکب چرب که ارزان به‌دست می‌آمد، به‌جای ترکیبات اسرارآمیز برگهای طلا و دو رنگی کردن عناصر و خطوط سیاه و زمخت، می‌بایست به یک رنگ، یک گراوور متوسط و یک جلد ارزان قیمت خشنود بود. به همین جهت است که کتاب چاپ شده مدتهای زیادی گرفتار نوعی عقدهٔ حقارت نسبت به کتابهای خطی قرون وسطایی بود.

با این‌همه، باید گفت که کتاب حتی برای کلیسا دارای مزیتی بود که نمی‌شد از آن صرفنظر کرد و آن: امکان ایجاد نسخه‌های متعدد و دقیق و قطعی بود. جهان باستان و قرون وسطی از غلطهای نوشتاری رنج بسیاری کشیده بود و بیش از پیش درپی تهیهٔ نسخه‌های جدیدتر بود. همه می‌دانند

که «ماسورت»[1]ها مدتها برای اصلاح غلطهایی که بتدریج در متن انجیل وارد شده بود، کوشیدند و خلیفه سوم مسلمانان، عثمان همه نسخه‌های قرآن را، جز یکی از میان برد. دانشگاه پاریس برای متون بنیادی یک نسخه نمونه تهیه کرد و دستور داد همهٔ نسخه‌های دست‌نویس از آن به بعد با آن مطابقت داشته باشند؛ پاپ کلمنس هشتم پس از معاهدهٔ ترانت چاپی از وولگاته[2] انتشار داد که از آن پس تنها متن انجیل بود که در مسائل مذهبی باید به آن مراجعه می‌کردند.

اما جا داشت که عناصر زیبایی‌شناختی نیز به مزایای بالا افزوده می‌شد.

هنر دست‌نویسی اساساً در ردیف هنر زرگری و مینیاتور است. هنرمند، میناهای زیبا را در نگینهای گرانبها می‌نشاند. بدین‌ترتیب نگران حواشی کار نیست، حواشی گاهی همه سطح پارشمن را می‌گرفتند و هیچ جای آزادی باقی نمی‌گذاشتند، درست همان‌طورکه زرگر همه سطح طلا را زیر کار خود می‌آورد.

اما آنچه که در این زمان نیاز مبرمی بدان احساس می‌شد، «هنر چاپ حروفی» بود و این دقیقاً معمولی بودن وسایل بود که این هنر را پدید آورد. از آنجا که نمی‌توانست از غنای ذاتی مواد بهره گیرد، خود را در ارزشهای روشنفکرانه‌تر و ظریفتری پوشانید. زیبایی‌شناسی نوین از طریق تأثیر متقابل و اسرارآمیز متون و تصاویر، رابطهٔ موزون بین قطع و اندازهٔ حروف، اشپون، مقدار حاشیه و تعیین حروف عناوین و عناوین فرعی خود را نشان می‌داد؛ بدین‌ترتیب کتاب دیگر یک قطعه هنری بی‌شکل نبود، بلکه همچون یک ساختار معماری، مجموعه‌ای نظیر نمای یک ساختمان، قد افراشته بود.

صفحهٔ عنوان: این مجموعه را پیدایش یک عنصر اصلی و بسیار مهم، متکامل و حتی تجلیل کرد و آن: صفحهٔ عنوان بود. در صفحهٔ عنوان طی چند سطر دربارهٔ تفاوتهای اصلی و دقیقاً حساب شدهٔ، همهٔ اطلاعات مربوط به کتاب از قبیل نام مؤلف، عنوان، خلاصهٔ مطلب، نام چاپگر و یا ویراستار ارائه می‌شود. این کار به‌طوری‌که بعدها خواهیم دید، اهمیت زیادی دارد.

کار چاپ در واقع نخستین حرفه‌ای بود که روالمند شد. در مشاغل دیگر، پیشه‌ور تقریباً همیشه برای رفع نیازهای خریدار و کمی هم طبق میل خود کار می‌کرد. کار چاپ مستلزم آماده‌سازی روالمند و از پیش تعداد زیادی چیزهای «دقیقاً مشابه» بود که بعداً لازم می‌آمد مشتریان متعددی بیابند. این امر فروشنده را ناگزیر می‌ساخت که کتاب را پیوسته در برابر خریدار دید احتمالی نگاهدارد و بدین‌ترتیب او را از وجود آن کتاب آگاه و به خرید آن تشویق کند. اما چه وسیلهٔ آگاه‌کننده‌تر و

1. massorete

۲. Vulgate ترجمهٔ لاتینی کتاب مقدس که بوسیلهٔ سن جرومه برای استفاده در کلیساهای کاتولیک انجام گرفته است.

تشویقی بهتر از آن است که اطلاعات مربوط به مطالب کتاب را به طور فشرده در چند سطر در نخستین صفحهٔ کتاب به مشتری ارائه داد؟ به همین دلیل صفحهٔ عنوان ابداع شد ـ صفحه‌ای که از یکسو مشتری را جذب می‌کند و از سوی دیگر خلاصه‌ای از مطالب مندرج در کتاب را به آگاهی او می‌رساند ـ بدین‌ترتیب این صفحه یکی از نخستین نمایش بخشی از کار نشر بود که بعدها «تبلیغات» نامیده شد و بتدریج سدهٔ نوزدهم را فرا گرفت و درست همانند مد دریا سدهٔ بیستم را درنوردید.

این صفحهٔ کوچک می‌تواند تحول تولید کتاب را طی سده‌ها به ما بشناساند. صفحه‌های عنوان اولیه، چهره‌ای بی‌شخصیت داشتند و به‌طورکلی به نوعی بازی با واژهٔ نخست کتاب که با تصویر استعاره‌ای زینت یافته بود، اکتفا می‌شد و تنها از طریق بزرگترکردن حروف سطور نخست مشخص می‌شد. اما از پایان سدهٔ پانزدهم صفحهٔ عنوان واقعی، رفته‌رفته پدید آمد، گاهی با سطری از شروع مطلب با حروف سیاه جلب‌توجه می‌کرد یا با یک حرف بزرگ دارای شکل عجیب و غریب که به‌شکل اژدها یا حیوانات افسانه‌ای، درست مانند حروف آغازین در نسخه‌های دست‌نویس دوران کارو لنژیان بود.

صفحهٔ عنوان مدتها در چارچوبی مستطیلی محدود بود، متن آن غالباً در مرکز یک کادر تاریخی متمرکز می‌شد. اما رفته‌رفته دست حروفچین از قیود تحمیل شده بر کارش رها گردید، صفحهٔ عنوان آزاد شد. به‌طوری‌که در این‌مورد فرمی یافت شده است که بر پایهٔ یک طرح شخصی است. در همان حال انطباق قطعی حروف «رومن» و لاتین امکانات بسیار وسیعی از سبکی و ظرافت دربرابر هنر چاپ حروفی گشود. با این‌همه کتابهای ادعیه به سنت کتابهای مذهبی، که با حروف گوتیک و انشعابات آن تهیه می‌شدند، چنگ زده بودند و مدتهای زیاد از دکوراسیون سنگین کادر تزیینی استفاده می‌کردند. این سنت ادامه یافت و می‌توان ملاحظه کرد که تا هم‌اکنون نیز کتابهای مذهبی بدین سنت پابند می‌باشند و صفحات آنها با نقشهای تکراری غیر ظریف و تخیلی که از کتاب ادعیه دست‌نویسی قرون وسطی به ارث رسیده است، حاشیه‌دار می‌شود.

بد نیست که تصریح شود که در سدهٔ شانزدهم، دوران انتقالی، دو نوع عنوان مورد استفاده بود: یک نوع آن ریشهٔ قرون وسطایی داشت (شکل ۳۱۱)، نوع دیگر که از هرگونه تزیین دست‌وپاگیر آزاد بود و بسادگی متنی فوق‌العاده ساده که ساختمان موزون آن بر پایهٔ طرحهای علمی بود که شکل مثلثی بر آنها حکومت داشت. می‌توان گفت که این نوع صفحهٔ عنوان نشانهٔ پیروزی حروف رومی بود و همهٔ عناصر آن به خدمت این حروف درآمده بودند؛ از جمله می‌توان از: حواشی، اشپون و



CONSILIA
D. BENEDICTI CAPRÆ
& LVDOVICI DE BOLOGNINIS,

IVRĘCONSVLTORVM CLARISSImorum, in quibus de Teſtamentis, materia Feudali, & Subſtitutionibus ampliſſimè tractatur.

Omnia ſedulò recognita, Summariis, & Indice illuſtrata.

LVGDVNI,
Apud Hæredes Iacobi Iunctæ.

1556

شکل ۳۱۱.نمونه‌ای از صفحهٔ عنوان در سدهٔ شانزدهم (نوع نخست).

اندازهٔ حروف، اتحاد حروف بزرگ و کوچک، حروف ایستاده و خوابیده و غیره نام بود. با یک فرم تنها از حروف که ریخته‌گری آنها هنوز خام و لبه‌ها و ریشه‌های آنها بسیار ناصاف بود، پیر رونسار[۱] در این سده توانست شاهکارهای کوچکی بیافریند که نظیر آنها هرگز نیامده بود (شکل ۳۱۲).

در سدهٔ هفدهم، عصر کورنی، صفحهٔ عنوان تغییر شکل یافت و به درک فورمات یادمانی، حروفچینی سنگین و نوعی «گشادگی» کمی یکنواخت و گاهی عصبانی‌کننده انجامید. نباید از یاد برد که این، زمان پیشرفت دانش بود و کتابها اغلب دارای قطع ربعی یا رحلی بودند. تصاویر که حکاکیهای کم‌عمق آن تاحدودی باسمه‌های این خطوط سیاه را از میدان بیرون کرده بود، بدون عظمت هم نبودند. آنها نیز یادمانی می‌باشند و هشیارانه با قلم حکاکی تهیه شده‌اند، گرچه روشنایی و بویژه تخیل در آنها کم است. عنوان، حاوی متن بسیار مهمی شد که گاهی مشتمل بر سی خط فشرده بود. نشان کنایی و پر ابهت چاپگر یا کتابخانه که آن‌هم به‌طور کم‌عمق حکاکی می‌شد، غالباً بیش از دوسوم صفحه را می‌گرفت (شکل ۳۱۳). بتدریج که الزامات نشر بیش از پیش ناگزیر می‌شد، می‌بایست عناصر آگاهی و تبلیغات را نیز تا حداکثر افزایش می‌دادند. برای سبک کردن چنین مجموعه‌ای، که تبدیل به یک برنامهٔ واقعی برای عنوان گردیده بود، می‌بایست در عرصهٔ چاپ به رنگ، میدان داده می‌شد و چاپ رنگی عناوین مانند انجیلهای قدیمی، تجدید شد: خطهایی که قرمز چاپ می‌شدند در تناوب با خطوط سیاه بودند و به اینکه چشم از دیدن چنین ترکیبی احساس ناگواری داشت، توجه نمی‌شد. روشن است همهٔ صفحات عنوان چاپهای سدهٔ هفدهم بر پایهٔ چنین ترکیب سنگینی نبود و برخی از آنها ترتیبات صفحهٔ عنوان سدهٔ پیشین را رعایت می‌کردند، اما می‌توان گفت که صفحات عنوان نخستین کاملاً نشان این سدهٔ یادمانی را بر خود دارند.

با سدهٔ هجدهم، عصر ولتر، ما با نوعی تصنع و زرق و برق شدید ویژهٔ سدهٔ شانزدهم روبه‌رو می‌شویم. در نهضت شدید تکنیکی که ویژهٔ این سدهٔ روشنگری است، که در جلد بعدی این مجموعه بدان خواهیم پرداخت، نیاز روزافزون به مواد اساسی تازه: حروف، زینت متصل به حروف بزرگ، خط برنج ایجاد شده بود. در این زمان تئوفراست رنودو[۲] درگازت دوفرانس خود با استفاده از حروف «فانتزی» که براساس یک طرح جناغی ساخته شده بود، نوآوریهایی را عرضه داشت و پس از وی دیدو فرمهای تازه‌ای از حروف ایجاد کرد. همهٔ این سده به این نیازهای مرموز حساس شده بود. تصویرگران اکنون درپی «افسانه» بودند و با مصور گردانیدن صفحات کتاب با صحنه‌های قشنگ خرسند می‌شدند: در این عصر ولتر، مردم که از بوالهوسیها خوششان می‌آمد و از پشت بادبزنهای

---

۱. P. Ronsard ۱۵۲۴ـ۱۵۸۵ شاعر فرانسوی.

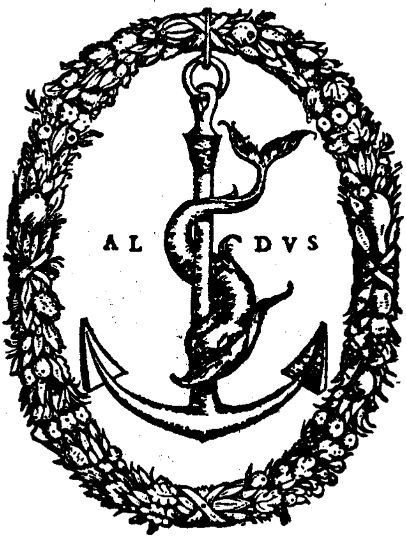
۲. Th. Renaudot ۱۵۸۶ـ۱۶۵۳ پزشک و تاریخ‌نویس فرانسوی که در سال ۱۶۳۱ لاگازت را تأسیس کرد.

C· PLINII SECVNDI
NATVRALIS HISTORIAE
LIBRI TRIGINTASEPTEM,

A Paulo Manutio multis in locis
emendati.

CASTIGATIONES SIGISMVNDI
GELENII.

INDEX PLENISSIMVS.



VENETIIS,
Apud Paulum Manutium, Aldi F.
M D L IX.

شکل ۳۱۲.نمونه‌ای از صفحهٔ عنوان در سدهٔ شانزدهم (نوع دوم).

R. P. JOAN. STEPHANI
MENOCHIJ,
DOCTORIS THEOLOGI,
E SOCIETATE JESU,
COMMENTARIJ
TOTIUS
S. SCRIPTURÆ,
EX OPTIMIS QUIBUSQUE
Authoribus collecti
EDITIO NOVISSIMA,
AB AUTHORE POSTREMUM PERLECTA, EMENDATA,
& variis interpretationibus nondùm in lucem editis aucta:
DUOBUS TOMIS COMPREHENSA.
OPUS SANE THEOLOGIS ET CONCIONATORIBUS
maximè utile & pernecessarium.
TOMUS PRIMUS.



LUGDUNI,
Sumptibus FRANCISCI COMBA, viâ Mercatoriâ,
sub signo trium Virtutum.
M. DC. XCVII.
CUM PRIVILEGIO REGIS.

شکل ۳۱۳.نمونه‌ای از صفحهٔ عنوان در سدهٔ هفدهم.

خود با تبسمی ملیح با خوشیهای زندگی برخورد می‌کردند، به یاری این تصویرگران چابک دست خود یاد گرفتند که چگونه می‌توان این خیالپردازی محبوب را به متن کتاب پیوند زد. با خدعه‌هایی از قبیل شاخ و برگ کشیدن، یعنی زینتهای کوچک، خطوط برنج، گل و بته و شکلهای جغرافیایی که به انتهای «حروف» اضافه می‌شدند، می‌توانستند مجموعاً کادر ساده، مجموعهٔ آرایشی و گاهی نیز ساختارهای زینتی کاملاً جغرافیایی تشکیل دهند (شکل ۳۱۴). فورنیه (پسر) در این زمینه‌ها پیشگام بود و زینتهای جالبی به حروف می‌افزود و (به یاد آوردن «فانتزیهای» گازت دوفرانس) حروف دنباله‌داری شبیه شاخ و برگهای زینتی کتاب ایجاد کرد. این حروف به بازی تنوع پایان‌ناپذیر صفحهٔ عنوان کمک می‌کرد و با آن تجمعهای بسیار موزونی را می‌شد تشکیل داد. تحت تأثیر کوشین[1] حتی همهٔ عناوین را با حکاکی کم‌عمق چاپ کردند، که نتیجهٔ آن همخوانی بسیار زیاد مجموعه با خطوط بود.

کاملاً روشن است که کتاب سدهٔ هجدهم با ترک انعطاف‌ناپذیری کلاسیک درپی جایگزین‌سازی متن در یک صحنه متوازن و هماهنگ بود. این پژوهشهای جسورانه،نیاز به گوناگونی، این کنجکاوی پیوسته خلاق، کار چاپ حروفی را به‌سوی یک تغییر شکل ریشه‌ای سبک راهنمایی می‌کرد و توانسته است حکاکان مهرها و ریخته‌گران حروف را به یافتن راههای نوی که به این هنر امکان دهد که از ضوابط کهنه خود را فارغ کند، تشویق می‌کرد. ما به نهضتهای بزرگ اجتماعی نزدیک می‌شویم، نهضتهایی که راه تازه‌ای دربرابر فکر بشر می‌گشودند و به‌همهٔ تکنیکها اجازه می‌دادند تا در محیطی کاملاً آزاد، مناسب برای هرگونه کشف، اما شدیداً در معرض مخاطره کار کنند. درحالی‌که تکنولوژی در زیر فشار رویدادها به مزایای بزرگی دست یافت، زیباشناسی در تولید کتاب درپی کشف راهی که به آزادی کامل در شکلهای گرافیک و ساختار می‌رسید، در صدد بود به گروه چاپگران با درجهٔ گوناگونی از تجربیات، هر آنچه راکه تخیل سرکش آنها می‌توانست درک کند، تقدیم دارد. بدین‌ترتیب سرمایهٔ اولیهٔ فروشگاه بزرگ زیباشناسی فراهم شد و سدهٔ نوزدهم از همین فروشگاه توانست با آن‌همه بی‌احتیاطی، بوالهوسیهای خود را ارضا کند.

در اینجا بار دیگر «تبلیغات» جای خود را یافت در این زمان بود که «روکش چاپی کتاب» ناگزیر شد. چاپ کتابهای به زبان ساده، ناگزیری در پیشرفت شتابنده، کاهش شدید بهای تمام شده، تولیدکنندگان کتاب را به چشم‌پوشی از کارهای پر خرج صحافی و عرضهٔ کتابهای خود با روکشی چاپی راهنمایی کرد، تا توجه مشتریان هرچه بیشتر بدانها جلب شود، بدون اینکه نیازی به بازکردن آنها باشد.

۱. Cochin نام خانواده‌ای در فرانسه که در سده‌های هفدهم و هجدهم در حکاکی شهرت داشتند.

ARMINIUS,

OU

LES CHÉRUSQUES,

TRAGÉDIE;

TIRÉE

DU THÉATRE ALLEMAND,

Par M. BAUVIN, de la Société
Littéraire d'Arras.

Le prix eſt de 30 ſols.

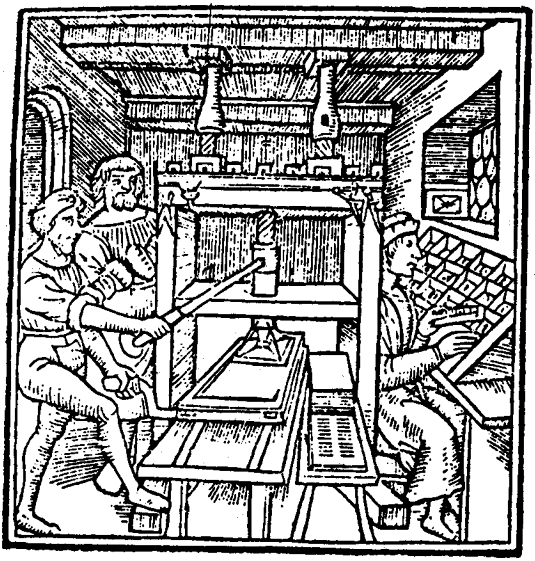


A PARIS,

Chez la Veuve DUCHESNE, Libraire, rue Saint-Jacques,
au-deſſous de la Fontaine S.-Benoît, au Temple du Goût.

M. DCC. LXXII.

شکل ۳۱۴.نمونه‌ای از صفحهٔ عنوان در سدهٔ هجدهم، که در آن از حروف مزین شده، شاخ و برگها و خط برنج استفاده شده است.



شکل ۳۱۵.تصویری از پرس سدهٔ شانزدهم.

پرس چاپ: تصاویر متعددی از کارگاههای چاپ سده‌های شانزدهم، هفدهم و هجدهم در دست است تقریباً همهٔ آنها پرس چاپ راکه قسمت اصلی هرکارگاه چاپ‌کتاب است، در جای برجسته‌ای نمایش می‌دهند. بنابراین ما می‌توانیم تغییر شکلهای پرس چاپ را دنبال کنیم، تغییر شکلهایی که در جهت سبکتر شدن پرس چاپ انجام گرفته است تا کار چاپ هرچه آسانتر و سریعتر گردد.

پرس چاپ در سدهٔ پانزدهم سراسر چوبی است، اما رفته‌رفته اجزای آن فلزی شد که به‌علت استحکام، سبکی و بی‌حرکتی، بهتر شدن قابل‌توجه حرکت دستگاه امکانپذیر می‌شد.

چنین می‌نماید که پیچ پرس، نخستین قسمتی از آن بود که فلزی شد (شکل ۳۱۵). این تغییر حدود سال ۱۵۵۰ انجام گرفت و آن را مدیون شخصی از اهالی نورمبرگ با نام دانر[1] هستیم. اما علی‌رغم این مستحکم‌کاری پرس، باز روش دوضربه‌ای چاپ ادامه داشت، تصاویری که از چنین پرسهایی در دست است. آشکارا بدین طرزکار دلالت دارند. پرسهایی از سدهٔ شانزدهم که در موزهٔ پلانتن آنورس نگاهداری می‌شوند و حتی پرسهایی که تصویر آنها در آنسیکلوپدی دیدرو آمده است از همین نوع می‌باشند؛ این امر به ما ثابت می‌کند که طی سه‌چهارم سدهٔ هجدهم نیز چنین پرسهایی رواج داشتند. در جلد بعدی این مجموعه ما خواهیم دید که ما اختراع پرس تک ضرب را مدیون کدام تکنسین‌ها هستیم.

1. Danner

حدود سال ۱۵۷۲ بود که این اندیشه مطرح شد که به کاغذ حائل، که ورق کاغذ را در تماس با فرم نگاه می‌دارد، یک کاغذ حائل دیگر، که کاغذ نگهدار اصطلاح شد، بیافزایند. کاغذ نگهدار یک ورق پارشمن است که در چهارچوبی کشیده شده و در محل کاغذها باز شده است. کاغذ نگهدار که پیش از آن که کاغذ حائل برروی فرم گذاشته شود، برروی کاغذ حائل گسترده شده است ورق کاغذ چاپ شونده را در جای خود نگاه می‌دارد و مانع کثیف شدن آن می‌شود، زیرا درصورت فقدان کاغذنگهدار بالشک مرکب که با لبه‌های فرم و نیز حروف خود صفحات، تماس می‌یافت و آنها را آلوده می‌ساخت. و نیز این وسیله مانع اثر مرکب بر روی حاشیه‌های کاغذ می‌باشد.

در ابتدای سدهٔ هفدهم چاپگری با نام ویلیام یانسون بلوئو[1] که قبلاً شاگرد تیکو براهه، سازندهٔ وسایل دقیق بود، چاپخانه‌ای در آمستردام تأسیس کرد. بلوئو در حدود سال ۱۶۲۰ اصلاح بسیار مهمی را در پرس دستی قدیمی وارد ساخت. او به دستهٔ پرس یک وزنهٔ تعادل افزود تا بوسیلهٔ آن، صفحهٔ فشار خودبه‌خود بالا آید و نیاز به اینکه کارگر با دست خود دستهٔ فشار بالا ببرد، نباشد. با این وسیله که آن را پرس هلندی نامیدند، حرکت پرس بسیار آسانتر انجام می‌گرفت و ضربهٔ بسیار مناسبی به کاغذ وارد می‌شد و نیز قطعهٔ متحرکی در مرکز صفحهٔ فشار، که انتهای پیچ به آن فشار وارد می‌ساخت، بدون هیچ‌گونه نیروی اضافی فشار را بازهم بیشتر نرم می‌کرد (شکل ۳۱۶).

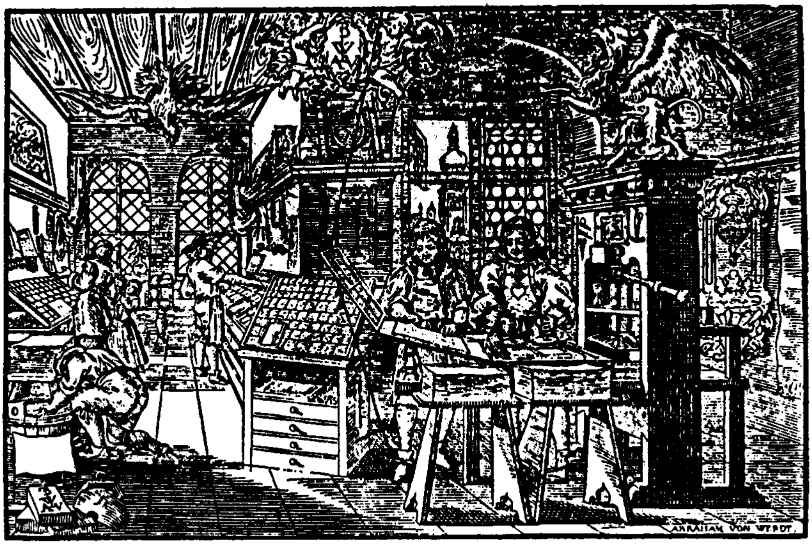
پرس چاپی که در سال ۱۶۳۸ از انگلستان، از ماورای دریاها بوسیلهٔ استفن دای[2] وارد امریکا شد از همین نوع بود و نخستین پرس چاپی بود که به امریکا وارد شد.

پرسهای کابینتی: کابینت، عنوانی بوده است که در سده‌های هفدهم و هجدهم به اشخاص مهم اطلاق می‌شد. آنها از داشتن کابینت فخر می‌فروختند و سرافراز بودند و کابینت آنها محلی برای گذاردن کارهای هنری، تابلوهای استادان، مدالها، جواهرات تراشدار، انگشتریها، جواهرات، جعبهٔ طرحها، ردیفهای مهرها به ترتیب، کتابهای کمیاب، مفرغها، ظروف مرمرین، چینیها، لاکها، مبلهای گرانبها و همهٔ چیزهای جالب خانوادگی بود. بسیاری از این «کابینتها» بویژه در سدهٔ هجدهم در نسخه‌های دست‌نویسی بسیار جالبی شرح و توضیح داده شده‌اند.

برخی از این «تفننگران روشنفکر» که دارای مجموعه‌هایی، در مواردی بسیار گوناگون بودند، با گذاردن پرسهای کوچک چاپ در «کابینت» خود، آن را غنیتر می‌ساختند. این پرسها دقیقاً مشابه پرسهای چاپ ـ اما کوچکتر ـ ساخته شده بودند و با آنها کسانی‌که از دانش چاپ اطلاع خاصی هم نداشتند، می‌توانستند کار کنند. این پرسها که بسیار کمیاب بودند، با نام «پرسهای کابینتی» شناخته

۱. W. Janszoon Blaeu ۱۶۳۸ـ۱۵۷۱ ریاضیدان، جغرافیادان و ستاره‌شناس هلندی.

2. Stephen Daye

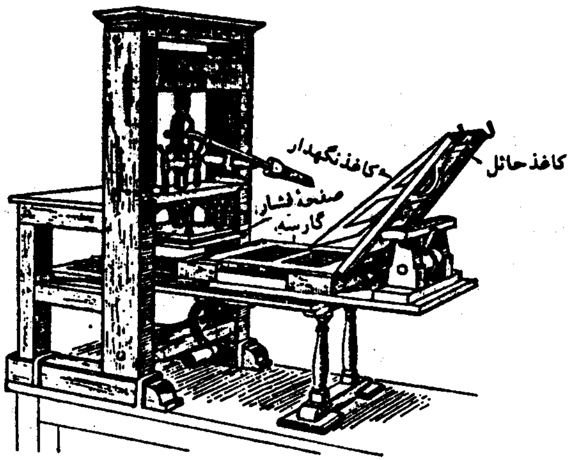


شکل ۳۱۶.چاپخانه‌ای از سدهٔ هجدهم.

می‌شدند (شکل ۳۱۷).

ستایش مردان فرهیخته از این نوع پرس فراوان بود و بازتاب آن را در جزوه‌هایی که در اختیار «تفننگران روشنفکر» گذاشته شده بود، می‌توان یافت. نوشته‌ای از سدهٔ هجدهم با عنوان *Manuel bibliographique* با کلمات کنایه‌ای از نوعی «ماشین چاپ حروفی» سخن می‌گوید که می‌تواند «کتابهای بزرگ نظم و نثر» را چاپ کند. این ماشین را می‌توان درون میز تحریری به وسعت «حدود دو پا و شش اینچ مربع سطح صاف» قرار داد و می‌توان آن را با چوبهای: جنگلی، گل سرخ، بلسان یا مغون روکش کرد. شرح آن با آن که به‌تفصیل داده شده است، طرزکار آن را روشن نمی‌سازد. راز کار آن را تنها پس از خرید لااقل ۲۵ و حداکثر ۱۰۰ دستگاه از آن بابهای گزاف هر دستگاه ۶۰۰۰ لیور می‌توان دریافت. این دستگاه ظاهراً از حروف چاپی به شکل چاپ گود استفاده می‌کرد. کاملاً روشن است که ما دربرابر یک کلاهبرداری کوچک کم و بیش منحصربه‌فردی قرار گرفته‌ایم.

اعلام دوران جدید: این فصل طبیعتاً ما را به بررسی مسأله چاپ میانهٔ سدهٔ هجدهم به‌پیش برد. دورانی که از اواسط سدهٔ پانزدهم تا اواسط سدهٔ هجدهم، یعنی سه سده را فرا می‌گیرد، تجزیه و



شکل ۳۱۷.نمونه‌ای از پرس کابینتی در اوایل سدهٔ هجدهم (موزهٔ چاپ و بانک لیون).

تقسیم این سه سده از لحاظ صنعت چاپ دشوار می‌باشد و باید آن را همچون یک کل درنظر گرفت. ظاهراً این تحول همان‌طورکه از یکپارچگی محکمی برخوردار است، کاملاً منطقی نیز می‌نماید.

همین‌که ما به میانهٔ سدهٔ هجدهم رسیدیم، نوعی هیجان تب‌آلود تکنسین‌ها را فرا گرفت. عصر هنرهای مکانیکی زاییده می‌شد، امکان استفاده از نیروهای محرکهٔ مستقل به چشم می‌رسید و نیتجه گرفته می‌شد که سیستم نوین، جهان صنعت و بویژه چاپ را در خود خواهد گرفت. لیکن این هنوز آغاز کار بود و زمان کارهای بزرگ نوین در پیش بود. بنابراین در انتظار حوادث بزرگ به کارهای کوچک می‌پرداختند: تسهیل گذاشت و برداشت صفحات چاپ شده‌ای که از دستگاه خارج می‌شود، امکان نگهداری این عناصر ـ پرسهای گردان با وظیفهٔ خود بهتر جور می‌شدند، جست‌وجوی مواد خام بیشتر و تولید سریعتر کاغذ و غیره.

تردیدی نیست که قدرت تکنیکی بعضی از این اختراعهای این دوره ما را شگفت‌زده می‌سازد، اما ما همچنین ناظر پیدایش چندین اختراع می‌باشیم که گرچه در آن زمان زیاد مهم نمی‌نمودند؛ اما راه را برای اکتشافات مکانیکی بزرگ سدهٔ نوزدهم هموار ساختند، اکتشافاتی که در سدهٔ بیستم کاملاً به‌بار نشستند.

کتابشناسی I

[1] Laufer, *Paper and Printing in China*, 1931. — Carter (Th.-Fr.), *The Invention of Printing in China*, 1925. — Peake (C.-H.), The Origin and Development of Printing in China, dans *Gutenberg-Jahrbuch*, 1935.

[2] Pour plus de détails, voir le tome I de cette *Histoire générale des techniques*, p. 286.

[3] Blum (André), *La route du papier*, Grenoble, 1946.

[4] Audin (Maurice), La métallographie et le problème du Livre, dans *Gutenberg-Jahrbuch*, 1930, et Les origines de la typographie, dans *Somme typographique*, t. I, 1948.

[5] Zedler (G.), Der holländische Frühdruck und die ersten Versuche Gutenbergs in Strasburg, dans *Gutenberg-Jahrbuch*, 1930.

[6] Febvre (L.) et Martin (Henri-Jean), *L'apparition du livre*, Paris, 1958.

کتابشناسی II

[7] Pour la traduction des pièces de ce procès, voir Léon de LABORDE, *Débuts de l'imprimerie à Strasbourg*, et *Encyclopédie moderne, Dictionnaire abrégé des sciences, des lettres, des arts*, publiée par Firmin-Didot frères, article « Typographie », de Ambroise Firmin-Didot, Paris, 1854.

[8] SCHOLDERER (Victor), The Shape of Early Type, dans *Gutenberg-Jahrbuch*, 1927, et Early Bolognese Type-faces in Germany, dans *Gutenberg-Jahrbuch*, 1929.

[9] NIDER (Johannes), *De lepra morali*, Conrad Winters de Homborch, Cologne, 1479. Trouvé par J. P. A. MADDEN (Bibliothèque de Versailles, Inc. 132 m, au f° 2, recto).

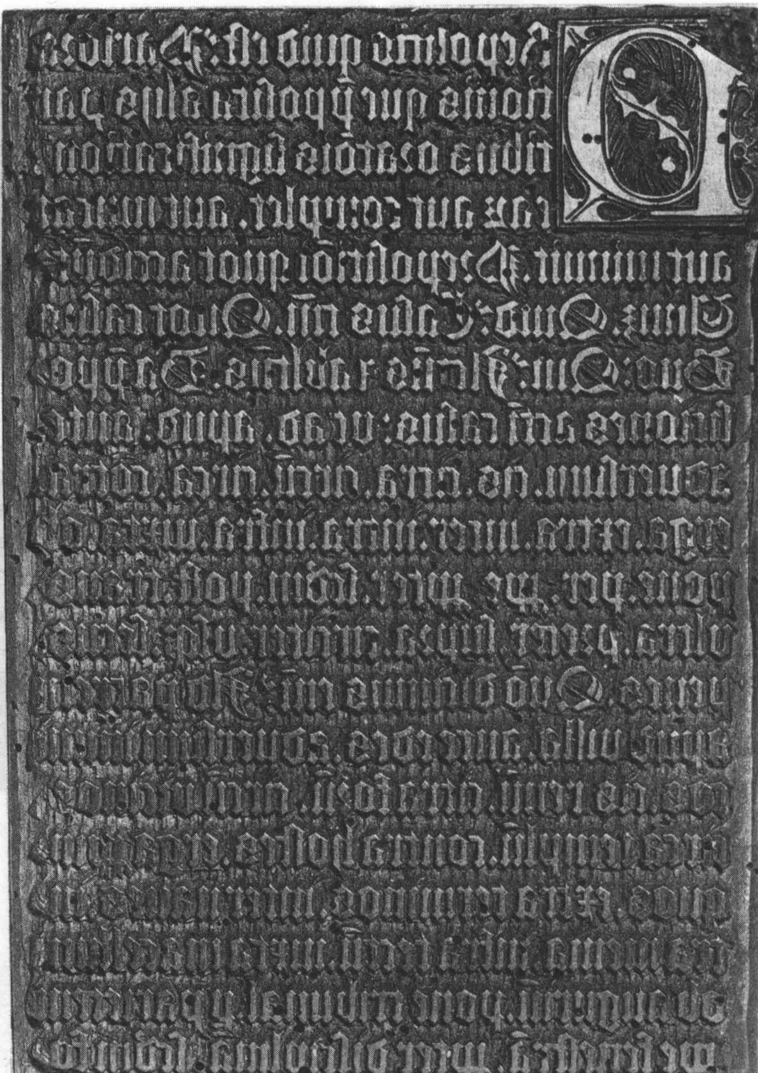
[10] BEN NATAN, *Meïr Natib (Concordance de la Bible)* ; Daniel BOMBERG, Venise, 1523. Trouvé récemment par M. André JAMMES (Musée lyonnais de l'Imprimerie, n° 51).

[11] AUDIN (M.), Types du XV^e siècle, dans *Gutenberg-Jahrbuch*, 1954. *Les types lyonnais primitifs conservés à la Bibliothèque nationale*, Bibliothèque nationale, 1955. — A propos des premières techniques typographiques, dans *Bibliothèque d'Humanisme et Renaissance*, Genève, 1956. — Les procédés d'impression des premiers typographes, dans *Gutenberg-Jahrbuch*, 1957.

[12] FERTEL, *La science pratique de l'imprimerie*, Saint-Omer, 1723, p. 277.

[13] SEYL (A.), *Les machines d'imprimerie*, Bruxelles, 1928. — AUDIN (M.), *Somme typographique*, t. II, Lyon, 1949. — NEIPP (L.), *Les machines à imprimer depuis Gutenberg*, Paris, 1951.

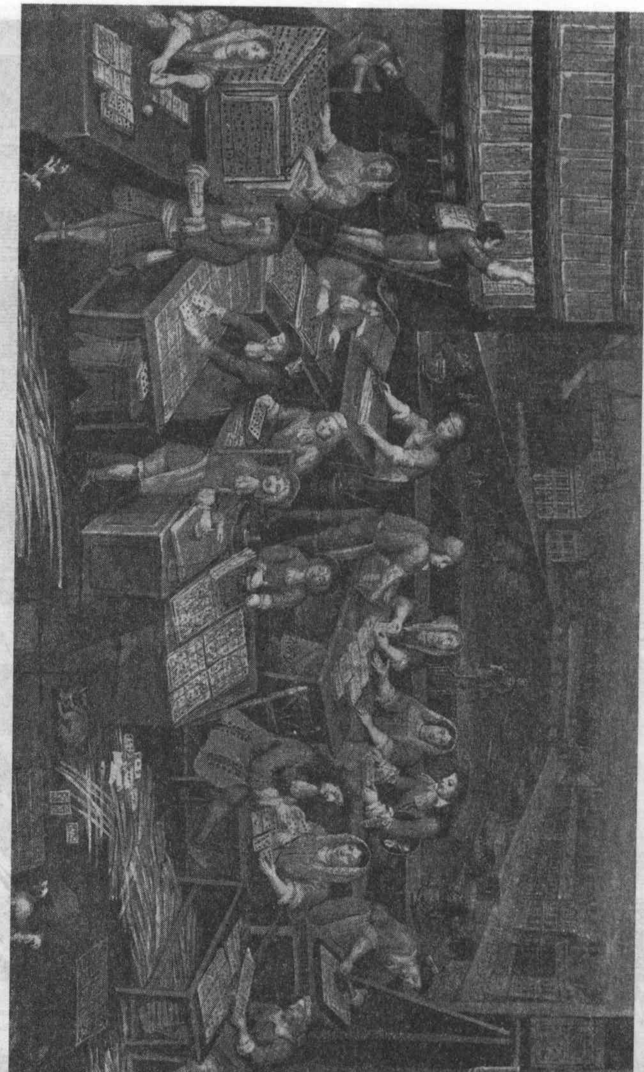
[14] *Manuel bibliographique des amateurs*. Découvertes, inventions, expériences nouvelles, Paris, 1780, p. 53.



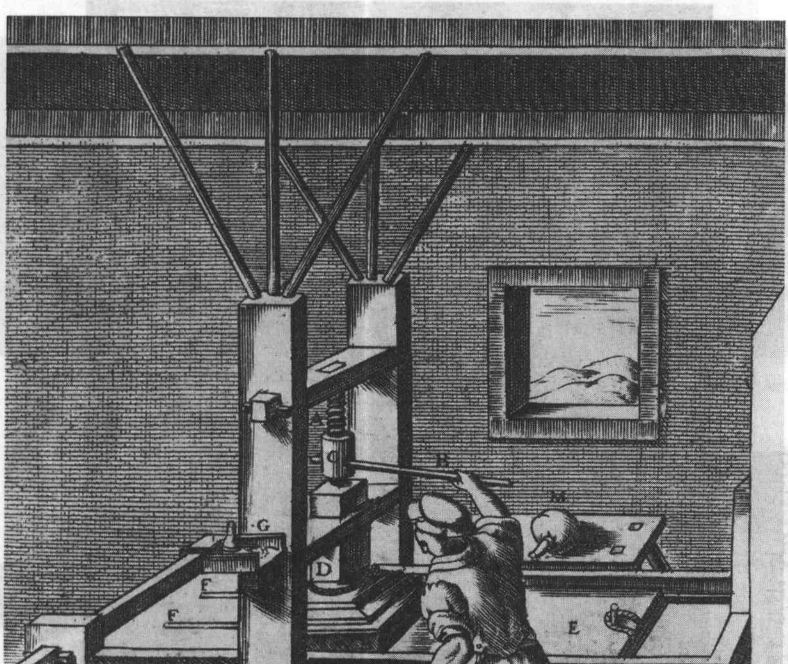
تابلوی ۴۴. یک باسمهٔ چوبی.



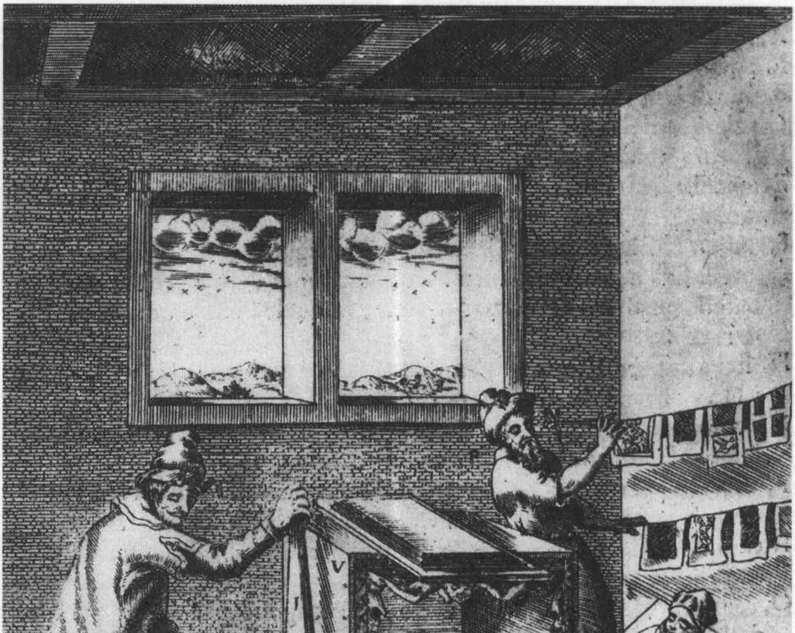
تابلوی ۴۵. ۱، تکنیکهای فلزنگاری: a، ماتریس مسی؛
b، قطعه‌ریخته شدهٔ سربی؛ c، چاپ سربی.
۲، حروف چاپی لیون: d، پایهٔ پخت و پاشنه؛
e و f، سوراخ گرد و شکاف برای چاپ دو رنگ.



تابلوی ۴۶. کارگاه تولید ورقبازی.



تابلوی ۴۷. پرس چاپ.



تابلوی ۴۸. پرس چاپ تصاویر روی چوب.